

## МОДУЛЬ 4

### Тема 9. Топографические съемки

#### **Лекция №52. Понятия о методах съемки местности. Виды съемок, их классификация. Приборы, применяемые при съемках**

Топографическая съемка — это комплекс геодезических работ выполняемых на местности для составления топографических карт и планов. Различают съемки для составления топографических планов крупных масштабов (1:500, 1:1000, 1:2000, 1: 5000) и мелких (1:10000, 1:25000 и мельче). В инженерной геодезии выполняются в основном съемки крупных масштабов.

Съемке и отображению на топографических планах подлежат все элементы ситуации местности, существующей застройки, благоустройства, подземных и наземных коммуникаций, а также релье местности.

Точки, определяющие на плане положение контуров ситуации условно делят на твердые и нетвердые. К твердым относят четко определяемые контуры сооружений, построенных из долговременных материалов (кирпича, бетона), например, углы капиталы зданий. Контуры, не имеющие четких границ, например луга, леса, пашни, относят к нетвердым.

На топографические планы наносят пункты плановых и высотных геодезических сетей, а также все точки, с которых производят съемку, если они закреплены постоянными знаками. На специализированных планах допускается отображение не всей ситуации местности, а только тех объектов, которые необходимы: применение нестандартных высот сечений рельефа, снижение или повышение точности изображения контуров и съемки рельефа.

Топографическую съемку выполняют с точек местности, положение которых в принятой системе координат известно. Так же точками служат пункты опорных государственных и инженерно-геодезических сетей. Однако их количества, приходящегося площадь снимаемого участка, большей частью бывает недостаточно, поэтому геодезическая основа сгущается обоснованием, называемым съемочным.

Совокупность действий, выполняемых на местности с целью получения плана, карты или профиля, называется съемкой. Основными действиями при съемках являются геодезические измерения: линейные, угловые, в результате которых, определяются расстояния между точками местности, позволяющие определять горизонтальные и вертикальные углы между направлениями на заданные точки; высотные или нивелирование, в результате которых определяются превышения между точками местности.

Если съемка производится для получения плана с изображением ситуации, то ее называют горизонтальной или плановой. Съемка, в результате которой должен быть получен план или карта с изображением ситуации и рельефа, называется топографической. При топографической съемке наряду с другими действиями производят измерения с целью определения высот точек местности, т.е. нивелирование. В зависимости от применяемых приборов и методов различают следующие виды съемок.

**Теодолитная съемка** – это горизонтальная съемка местности, выполняемая с помощью угломерного прибора – теодолита и стальной мерной ленты (или оптического дальномера). При выполнении этой съемки измеряются горизонтальные углы и расстояния. В результате съемки получают ситуационный план местности с изображением контуров и местных предметов.

**Тахеометрическая съемка** выполняется тахеометрами, т.е. теодолитами, снабженными вертикальными кругами и дальномерами. При этом на местности измеряют горизонтальные и вертикальные углы и расстояния до точек. По результатам измерений в камеральных условиях строится топографический план местности. Данный вид съемки получил широкое распространение в инженерной практике.

**Мензуральная съемка** производится при помощи мензулы – горизонтального столика и кипрегеля – специального углоначертательного прибора, снабженного вертикальным кругом и дальномером. В процессе этой съемки топографический план местности составляется непосредственно в поле, что позволяет сопоставлять полученный план с изображаемой местностью, обеспечивая тем самым своевременный контроль измерений. В этом заключается достоинство мензуральной съемки по сравнению с тахеометрической.

**Наземная фототопографическая съемка** выполняется фототеодолитом, представляющим собой сочетание теодолита и фотокамеры. Путем фотографирования местности с двух точек линии (базиса) и последующей обработки фотоснимков на специальных фотограмметрических приборах получают то-

пографический план снимаемого участка местности. Данная съемка применяется при дорожных, геологических и других изысканиях в горной местности и в маркшейдерском деле при съемках карьеров.

**Воздушная фототопографическая съемка** производится специальными аэрофотоаппаратами, устанавливаемыми на самолетах. Для обеспечения этой съемки на местности выполняются определенные геодезические измерения, необходимые для планово-высотной привязки аэроснимков к опорным точкам местности. Данный вид съемок является наиболее прогрессивным, допускающим широкую механизацию и автоматизацию производственных процессов; он позволяет в кратчайшие сроки получить топографические планы (карты) значительных территорий страны.

**Нивелирование (вертикальная или высотная съемка)** производится с целью определения высот точек земной поверхности. Нивелирование бывает: а) геометрическое, выполняемое с помощью приборов – нивелиров, обеспечивающих горизонтальное положение визирного луча в процессе измерений; б) тригонометрическое, выполняемое при помощи наклонного луча визирования; в) барометрическое, основанное на физическом законе изменения атмосферного давления с изменением высот точек над уровнем моря; выполняется с помощью барометров; г) гидростатическое, основанное на свойстве жидкости в сообщающихся сосудах устанавливаться на одинаковом уровне; выполняется с помощью шланговых нивелиров и применяется при наблюдении за осадками сооружений, для передачи отметок через водные преграды, при монтаже технологического оборудования в стесненных условиях и т.д.; д) механическое, выполняемое при помощи профилографов-автоматов; такое нивелирование дает возможность автоматически получать профиль нивелируемой местности и определять отметки отдельных точек.

**Глазомерная съемка** – контурная съемка местности, выполняемая на планшете с компасом при помощи визирной линейки. При сочетании глазомерной съемки с барометрическим нивелированием можно получить топографический план местности. Глазомерная съемка с самолета (вертолета) называется аэровизуальной. В инженерной практике данная съемка применяется при предварительном ознакомлении с местностью, а также при изысканиях в неисследованных районах.

**Буссольная съемка** производится с помощью буссоли и мерной ленты для получения ситуационного плана местности. В качестве самостоятельной буссольная съемка в настоящее время не применяется; иногда она используется для съемки небольших участков местности как вспомогательная при видах съемок.

#### **Основная литература**

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

1) Дайте определение съемке и основные действия при съемке?

2) Назовите виды съемок, какими приборами они выполняются.

3) Для чего выполняется нивелирование и какие виды нивелирования бывают?

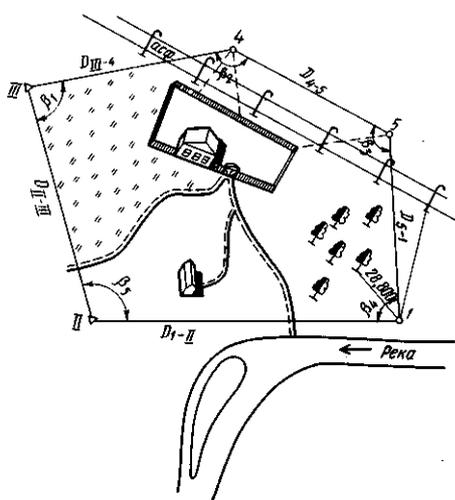
4) Назовите виды съемок, применяемые в настоящее время.

#### **Лекция №53. Сущность теодолитной съемки. Определение горизонтальных проложений линий. Проложение теодолитных ходов и полигонов.**

Теодолитным ходом называют систему закрепленных в натуре точек, например, 1, 4, 5, координаты которых определены из измерения углов  $\beta$  и расстояний  $D$ . Теодолитный ход начинают создавать с осмотра местности — рекогносцировки, цель которой — определить наиболее благоприятные места для закрепления вершин теодолитного хода и створов для промеров углов и линий между ними. Как правило, теодолитные ходы прокладывают между точками государственной геодезической сети, например, II, III. Связь теодолитных ходов с пунктами более высокого класса называют *привязкой*.

Если теодолитные ходы не привязаны к государственным геодезическим сетям, 20% точек закрепляют железобетонными знаками. Эти знаки, в свою очередь, привязывают к предметам местности зарисовыва-

ют глазомерно план и измеряют расстояния не менее чем до трех постоянных предметов местности — углов капитальных зданий, колодцев, деревьев.



Длины сторон между точками теодолитных ходов колеблются в пределах 20...350 м, а длины ходов зависят от многих факторов. Из них главные: масштабы топографической съемки и застроенность территории, по которой прокладывают ход. Например, уменьшение масштаба съемки с 1:500 до 1:1000 позволяет увеличить длину хода с 0,8 до 1,2 км.

Если производят съемку в масштабе 1:2000, то на застроенной территории длина хода допускается до 2 км, а на незастроенной - до 3 км.

**Порядок производства работ. Журнал измерений. Абрис.**

Теодолитная съемка складывается из подготовительных, полевых и камеральных работ. Наибольший объем приходится на полевые работы, которые включают в себя рекогносцировку снимаемого участка, прокладку теодолитных ходов и полигонов, их привязку к пунктам геодезической опорной сети и съемку ситуации.

**Подготовительные работы.** Согласно намеченной схеме теодолитных ходов составляется предварительный проект полевых работ. Проект должен содержать календарный план и смету на работы, расчет необходимого количества исполнителей и транспорта, перечень необходимых приборов, оборудования и материалов. Для выполнения теодолитной съемки необходимо иметь теодолит, стальную ленту с комплектом шпилек либо оптический дальномер, рулетку, эклиметр и эккер.

**Рекогносцировка местности и закрепление точек теодолитных ходов.** Рекогносцировка представляет собой обход и осмотр местности с целью знакомства с объектами съемки, отыскания пунктов опорной геодезической сети, окончательного выбора местоположения точек теодолитных ходов на местности и уточнения составленного проекта.

Точки теодолитных ходов должны располагаться в местах с хорошим обзором местности; между смежными вершинами теодолитного хода должна обеспечиваться хорошая взаимная видимость. При использовании мерных лент стороны следует располагать по ровным, с твердым грунтом и удобным для измерений линиям местности. Длина сторон теодолитных ходов не должны быть более 350 м и менее 20 м, а углы наклона линий не должны превышать  $5^\circ$ .

Вершины теодолитных ходов закрепляются на местности в основном временными знаками — деревянными кольями, забиваемыми вровень с поверхностью земли; центр обозначается крестообразной насечкой в торце кола либо гвоздем. В качестве временных знаков могут использоваться также металлические штыри, костыли и трубки либо гвозди, вбитые в пни деревьев, а также валуны, на которых масляной краской наносятся кресты. Для облегчения отыскания точек рядом с ними забивают сторожки - деревянные колья, выступающие над поверхностью земли на 30-35 см; на сторожках подписывают номера точек и дату их закладки. Закрепленные точки окапывают канавками либо обкладывают камнями по кругу диаметром 0,8 м. Примерно через 1 км вершины теодолитных ходов закрепляют надежными долговременными знаками, называемыми закладными. В процессе закрепления точек теодолитного хода составляют схематический чертеж, на котором показывают расположение вершин и сторон хода относительно ситуации местности.

Центрирование теодолита над точками осуществляется с помощью нитяного отвеса или оптического центра с погрешностью не более 5 мм при длинах линий более 100 м; чем короче стороны и чем ближе угол к  $180^\circ$ , тем тщательнее следует выполнять центрирование теодолита и вех. Визирование следует производить на нижнюю видимую часть вехи. Значения измеренных углов в каждом полуприеме и среднее значение угла вычисляют на станции, не снимая прибора. При получении неудовлетворительных результатов измерения угла выполняются заново. Измерения горизонтальных углов следует выполнять в периоды спокойных изображений.

После того как выбраны и закреплены вершины сторон теодолитного хода, производят измерения сторон и горизонтальных углов.

Общепринятая погрешность измерения сторон в теодолитных ходах от 1:1000 до 1:2000. Это означает, что если, например, измерена линия длиной 154 м, то при заданной предельной относительной погрешности измерения 1:1000 результат измерения «прямо» может отличаться от результата измерения «обратно»

не более чем на  $154 \text{ м}/1000 = 15 \text{ см}$ .

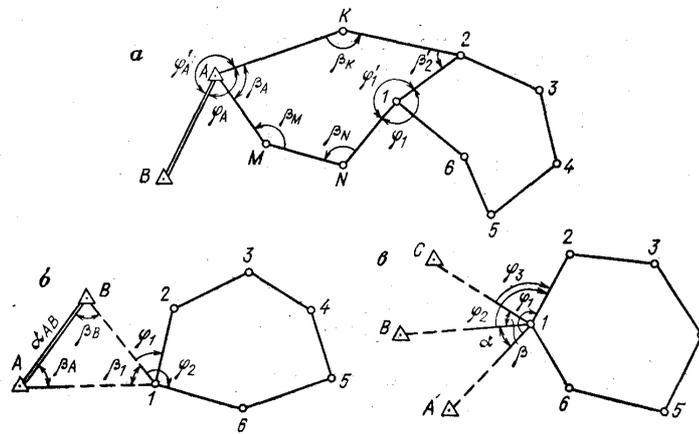
Измерение горизонтальных углов между точками теодолитного хода выполняют теодолитами. В зависимости от применяемых теодолитов правильность измерений контролируют по разности углов между полуприемами П и Л.

В журнале измерения горизонтальных углов часть места отводят для схематической зарисовки (абриса) положения точек теодолитного хода и показательных записей. Абрис служит основным документом, по которому находят на местности точки теодолитного хода.

Для передачи координат на точки теодолитных ходов производят привязку их к геодезическим пунктам более высокого класса. Привязка состоит в том, что определяют положение хотя бы одной точки хода относительно точек более высокого класса: измеряют между ними расстояние и примычный угол. Плановую привязку называют передачей координат и дирекционных углов с пунктов привязки на точки ходов.

Станция		Точка	Отсчеты		Угол		(П+Л)/2		D, м	Абрис	Примечание
1	2		0	/	0	/	0	/			
	Л	II	183	56							
					91	44			115,89		
		5	92	12					115,91		
							91	43,5	115,90		
I	П	II	2	37							
					91	43					
		5	270	54							
		III	12	25					182,92		
	П				106	18			182,84		
		I	266	07			106	17,5	182,88		
		III	155	41							
	Л				106	17					
		I	49	24					147,7		
	Л	4	170	49					147,43		
					76	06			147,45		
		II	94	43							
							76	06,5	146,40		
	П	II	4	11							
					76	07					
III		4	288	04							
		III	291	38							
	П				101	59					
		5	189	39					95,98		
							101	58,5	95,94		
		III	200	05					95,96		
	Л				101	58					
		5	98	07							
	Л	4	102	23							
					163	52					
		1	298	31					88,67		
							163	52,5	88,69		
	П	4	208	33					88,68		
					163	53					
		II	44	40							

В линии III-4 измерен вертикальный угол  $v = 6^{\circ}51'$



Случаи привязки теодолитного хода к пунктам опорной геодезической сети

Рассмотрим наиболее характерные случаи привязки теодолитных ходов и полигонов.

1. Теодолитный ход непосредственно примыкает к пункту опорной сети (см. рис.а). В данном случае пункт  $A$  геодезической опорной сети с известными координатами  $X_A, Y_A$  является одновременно вершиной теодолитного полигона. С пункта  $A$  имеется видимость на другой пункт  $B$  геодезической сети; дирекционный угол направления  $\alpha_{BA}$  известен. Для передачи дирекционного угла на одну из сторон теодолитного хода (например, на сторону  $A - 1$ ) следует измерить примычный угол  $\varphi$  между исходной и определяемой сторонами. Для контроля обычно измеряют правый и левый по ходу примычные углы  $\varphi_A$  и  $\varphi'_A$ ; их сумма не должна отличаться от  $360^\circ$  более чем на  $1'$ , т. е.

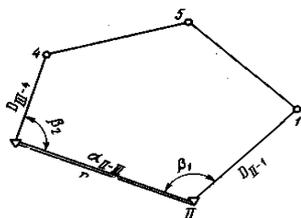
$$(\varphi_A + \varphi'_A) - 360^\circ \leq \pm 1'$$

Вычисление дирекционного угла определяемой стороны теодолитного хода производится по известным формулам.

2. Теодолитный ход проложен между двумя пунктами опорной сети (см. рис.б). Начальная и конечная точки  $A$  и  $C$  разомкнутого теодолитного хода являются пунктами опорной сети, координаты которых известны. С каждого из конечных пунктов должно быть видно хотя бы по одному пункту опорной сети, например  $B$  и  $D$ . Дирекционные углы исходных сторон  $\alpha_{BA}$  и  $\alpha_{CD}$  известны. Непосредственная привязка хода заключается в измерении на конечных пунктах  $A$  и  $C$  примычных углов ( $\varphi_A, \varphi'_A$  и  $\varphi_C, \varphi'_C$ ) между исходными направлениями  $AB$  и  $CD$  и соответственно первой и последней сторонами хода.

3. Теодолитный ход не примыкает к пунктам опорной сети. В этом случае от ближайшего пункта опорной сети прокладывают специальный теодолитный ход по одной из сторон теодолитного хода (рис.а); с целью контроля измерений и повышения надежности привязки привязочный ход  $A - K - 2 - 1 - N - M - A$  должен быть замкнутым. На исходном пункте  $A$  измеряют примычные углы  $\varphi_A, \varphi'_A$ .

В зависимости от количества пунктов государственной геодезической сети, удаленности их от точек теодолитного хода привязку производят разными способами. Например, пункты государственной геодезической сети II, III включают в теодолитный ход, измеряют примычные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  и линии  $D_{II-1}, D_{II-4}$ .

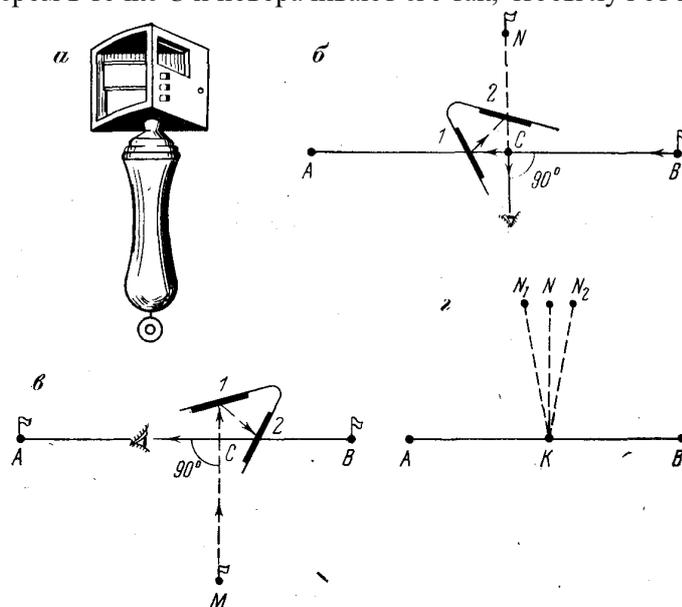


Первичную обработку результатов линейных и угловых измерений (полевой контроль и оценку их пригодности для последующих вычислений), выполняют непосредственно полевых журналах. При первичной обработке находят среднее значение из ряда измерений одной и той же величины, определяют допустимость отклонений, делают повторные вычисления (выполняет другой специалист).

**Эккер.** Измерение расстояний  $d_1, d_2, d_3$ , производится стальной мерной лентой, укладываемой по створу линии  $AB$ , а длин перпендикуляров  $l_1, l_2, l_3$  - рулеткой с точностью до сотых долей метра при ясно выраженных контурах и до десятых долей метра в остальных случаях. Длины перпендикуляров небольшой длины (4 - 8 м при съемках масштабов 1:500 - 1:2000) восставляют на глаз, а при большей их длине - с помощью эккера.

Из многих конструкций в практике наибольшее применение нашли двухзеркальные эккеры. Двухзеркальный эккер ЭД состоит из четырехгранного корпуса, на внутренних поверхностях боковых граней которого закреплены два плоских зеркала под углом  $45^\circ$  одно к другому. В металлической оправе над зеркалами имеются окна. Для удержания прибора в рабочем положении к корпусу эккера прикреплен ручка с крючком для подвешивания отвеса. Принцип действия эккера состоит в том, что

луч света, отраженный от двух плоских зеркал, пересекает свое первоначальное направление под углом, вдвое большим угла между зеркалами, т. е. под углом  $90^\circ$ . Для построения перпендикуляра в точке  $C$  к линии  $AB$  встают с эскером в точке  $C$  и поворачивают его так, чтобы луч от вехи  $B$  попал на



Двухзеркальный эскер и работа с ним

зеркало 1. Отразившись от зеркала 1, луч попадает на зеркало 2, и наблюдатель в зеркале 2 видит изображение вехи  $B$ . Наблюдая через окно в оправе над зеркалом, наблюдатель дает указание помощнику выставить веху в направлении этого изображения, т. е. по линии  $CN$ . Угол между лучами  $CB$  и  $CN$  равен  $90^\circ$ .

Если в процессе съемки требуется опустить перпендикуляр из характерной точки контура  $M$  на сторону теодолитного хода  $AB$ , то в точках  $B$  и  $M$  устанавливают вехи. Наблюдатель перемещается с эскером по линии  $AB$  до тех пор, пока изображение вехи  $B$ , видимое через окно эскера, не окажется продолжением изображения вехи  $M$ , видимого в зеркале 2. Основание перпендикуляра  $C$  определяется на местности с помощью отвеса, подвешенного к рукоятке эскера.

Перед началом работы эскер следует поверить, т. е. убедиться в том, что плоскости его зеркал расположены под углом в  $45^\circ$ . Для этого становятся с эскером в точке  $K$ , находящейся в створе линии  $AB$ , и последовательно строят углы  $AKN$  и  $BKN$ . Если угол между зеркалами отличается от  $45^\circ$ , то выставленная в первом случае веха займет положение  $N_1$ , а во втором -  $N_2$ . В этом случае посередине между вехами  $N_1$  и  $N_2$  устанавливают веху  $N$  и установочными винтами при одном из зеркал поворачивают его до тех пор, пока изображение вехи  $A$  (или  $B$ ) в зеркале не совместится с изображением видимой в окно вехи  $N$ . Средняя квадратическая погрешность построения прямого угла двухзеркальным эскером составляет  $4'$ .

#### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### Контрольные вопросы:

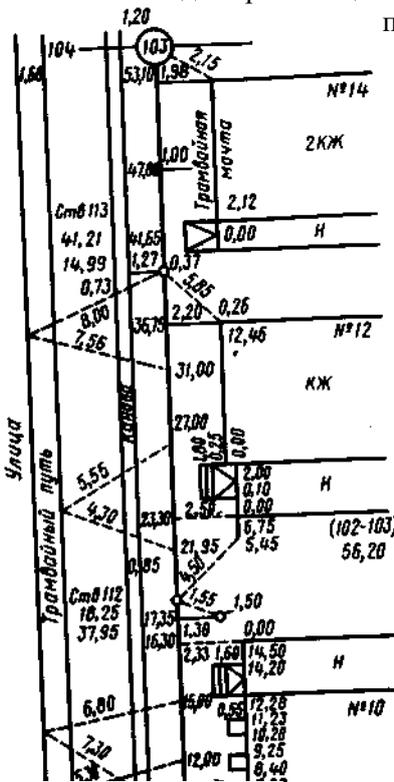
- 1) Что называют теодолитным ходом?
- 2) Что называется привязкой?
- 3) Порядок производства работ, журнал измерений
- 4) Что входит в полевые работы теодолитного хода?
- 5) Что представляет собой рекогносцировка местности?

## Лекция №54. Методы съемки контуров ситуации. Съемка рельефа.

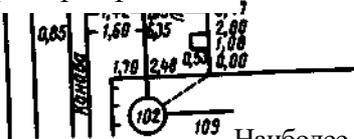
Горизонтальную съемку выполняют в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500. Съемке подлежат фасады зданий и ситуация проездов, а также внутриквартальная (внутризаводская) застройка и ситуация. Съемку производят с линий и точек теодолитных ходов съемочного обоснования.

Результаты съемки отображают на схематическом чертеже — абрисе, на котором дается зарисовка всех контуров и предметов местности (например, трамвайный путь, канава, трамвайная мачта, дома № 10, 12, 14 каменные (к), жилые (ж), нежилые (н) и соответствующие промеры).

Абрис ведут на плотной бумаге в произвольном масштабе, но придерживаясь условных знаков, принятых для составления плана. Прямые линии вычерчивают по линейке, кривые — от руки. Ситуацию вычерчивают более толстыми линиями, вспомогательные промеры — тонкими. При ведении абриса некоторые детали изображают в укрупненном масштабе. Перпендикуляры и засечки прочерчивают пунктиром или тонкими сплошными линиями, длины их подписывают в середине линий под ними. Расстояния по линии съемочного хода нарастающим итогом



Пример абриса



Наиболее часто этот способ применяют при съемке внутриквартальной застройки, а также нетвердых контуров (границы угодий, кусты, деревья). Теодолит устанавливают над соответствующей точкой съемочного хода (например, точка 2). Расстояния от съемочной точки до точек ситуации (например, ГК, углов зданий) измеряют мерным прибором или дальномером, углы — при одном

круге с ориентированием нулевого штриха лимба на смежную точку съемочного хода. По этому направлению (показано стрелкой) в абрисе делают запись  $0^{\circ}0'$ . С направления полярного луча может быть произведена съемка ситуации, как с линии съемочного обоснования способом перпендикуляров и засечек.

**Створный способ**, как правило, применяют при съемке внутриквартальной ситуации, когда съемка основных контуров проведена. Створ может быть задан продолжением линии здания; линией, соединяющей два твердых контура. От линии створа (например, *BC*) производят съемку ситуации способом перпендикуляров и линейных засечек (съемка дерева, *ГК*). Расстояние *BC* измеряют полностью.

Помимо съемки всех точек ситуации со съемочных линий для уточнения составляемого плана

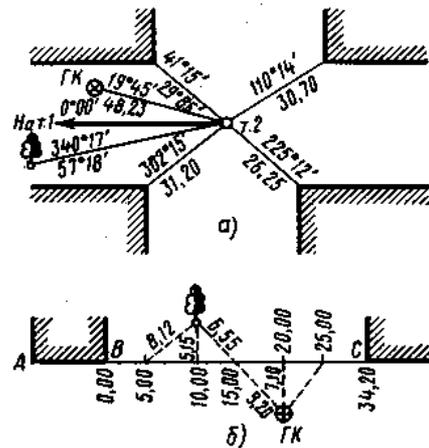
подписывают у подошв перпендикуляров или за с противоположной стороны. При обмерах надписи располагают перпендикулярно фасадной линии. Нулевой отсчет промеров по фасаду берут от надежно определенной точки, все остальные отсчеты записывают нарастающим итогом от нулевого. Промежуточные отсчеты заключаются в скобки.

Съемку выполняют разными способами. **Способ перпендикуляров** применяют в основном съемки проездов, когда съемочный ход проходит от фасадов; далее 8 м при съемке в масштабах 1:2000, не далее 6 м — в масштабе 1:1000 и не далее 4 м при съемке в масштабе 1:500. Если длина перпендикуляра больше указанных размеров, применяют эскер подкрепляют промер по перпендикуляру еще засечкой с ленты, съемке стальную ленту укладывают по точкам, отмеченным в с ре линии съемочного теодолитного хода с помощью теодолита.

**Способом линейных засечек** ленту, так же как и способом перпендикуляров, укладывают в створе съемочной линии. От двух точек на ленте, соответствующих целым метрам и составляющих основание приблизительно равностороннего треугольника, рулетки кой измеряют расстояния до определяемой точки контура. При этом длина засечек не должна превышать длины рулетки. Для контроля делают третий промер. **Способом угловой засечки** может быть выполнена съемка недоступных

точек. Засечки наносят не менее чем с трех направлений.

**Способ полярных координат** применяют для съемки точек ситуации, удаленных от съемочного хода.



производят обмеры по фасадам всех строений с архитектурными выступами, уступами, крыльцами, ступеньками, прямыми. Обмеры производят также по всем заборам и границам между точками изломов. При наличии зданий со сложной конфигурацией делают дополнительные контрольные промеры между углами. На перекрестках проездов измеряют диагональные расстояния между углами кварталов и ширину проездов. Кроме того, в характерных местах измеряют ширину между противоположными фасадами проезда. Контрольные промеры делают также и между снятыми со съемочной линии смотровыми колодцами подземных коммуникаций, мачта столбами воздушных линий связи и между другими точками ситуации.

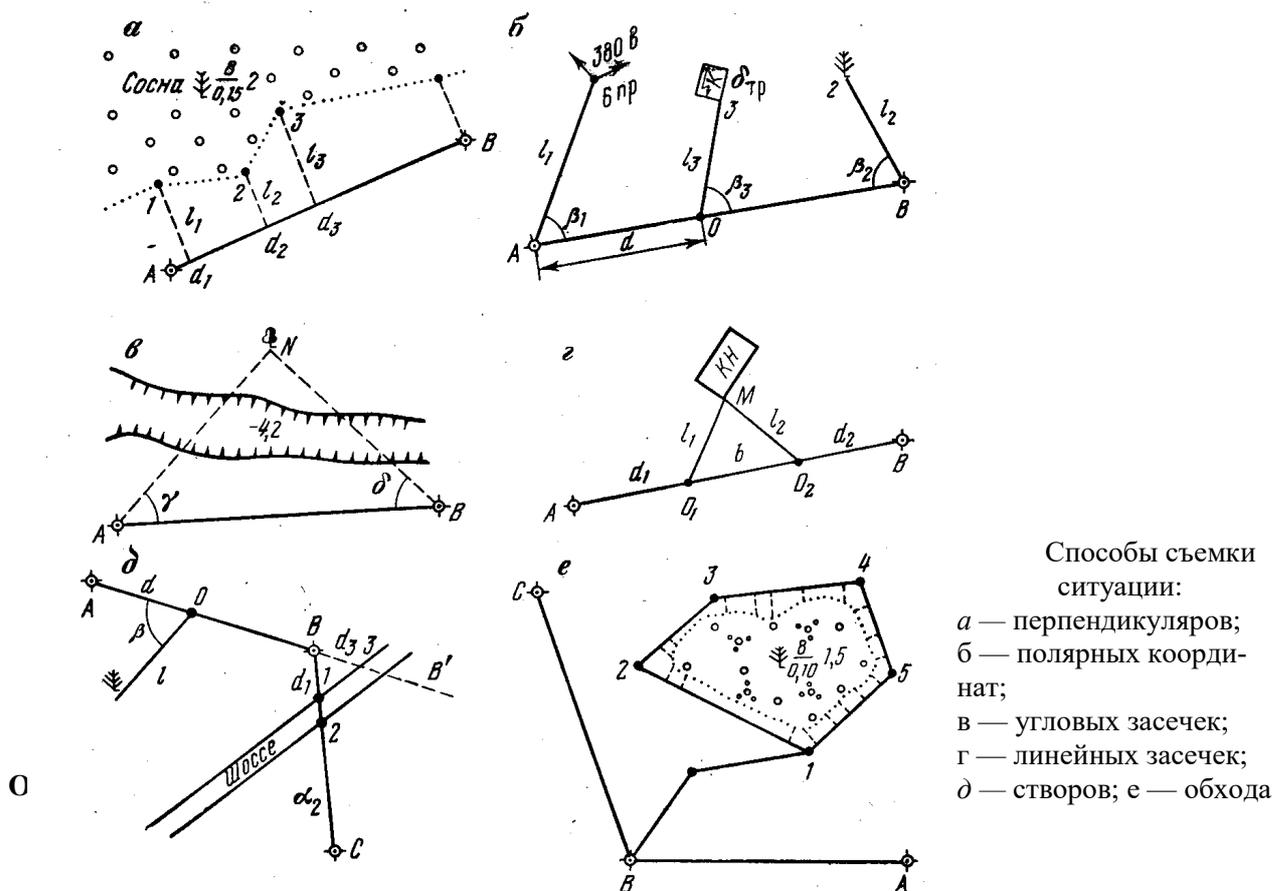
Результаты полевых измерений, отраженные в абрисе, используют для составления топографического плана, нанося их на планшет. Планшет представляет собой тонкий лист фанеры или алюминия, оклеенный сверху чертежной бумагой. На планшете предварительно разбивают координатную сетку квадратов со стороной 10 см и общим размером 50 х 50 см. По координатам на планшет наносят пункты геодезического и съемочного обоснования. Правильно накладку пунктов контролируют по расстояниям между ними. Расхождения не должны превышать 0,2 мм на плане. У каждого пункта пишут его номер или название, а также наносят отметку с округлением до сантиметров.

Положение контуров ситуации определяют на планшете по мерам, данным в абрисе. При этом с учетом масштаба плана выполняют те же построения, что и при полевых измерениях. Например, если съемка контура велась способами перпендикуляров и линейных засечек, на планшете с помощью циркуля-измерителя также строят перпендикуляры и линейные засечки; если применялся полярный способ, на планшете откладывают полярные углы и расстояния.

Как правило, высотную съемку выполняют методом геометрического нивелирования после того, как вся ситуация снята и нанесена на планшет.

Нивелирование начинают с точек высотного съемочного обоснования. На всех характерных точках нивелируемой площади, но реже чем через 50 м при съемке в масштабе 1:2000 и 20 м — при съемке в масштабе 1:500, определяют высоты съемочных точек (пикетов). Расстояние от нивелира до рейки не должно превышать 150 м. Положение пикетов на плане определяют по ситуации, чего в поле используют копию плановой съемки.

Улицы (проезды) нивелируют по поперечникам, разбивают с помощью рулетки через 20...40 м. Кроме того, поперечники разбивают в местах перегиба рельефа, по осям пересекающихся у; и в местах их излома. При нивелировании поперечников определяют высоты фасадной линии, бордюрного камня тротуара, оси улицы и других характерных точек рельефа, высоты земли у входов, порогов и полов в зданиях.



- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

**Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

**Контрольные вопросы:**

- 1) Что подлежит съемке контуров?
- 2) Где изображают результаты съемки?
- 3) Какие способы съемки бывают?
- 4) Что представляет собой планшет?

**Лекция № 55. Вычислительная обработка теодолитных ходов**

При теодолитной съемке получают геодезический журнал измерений углов, линий и абрис. Эти документы служат основным материалом для построения плана. Поэтому обработку результатов полевых измерений начинают с проверки правильности всех записей и вычислений, сделанных в журнале, а также вычислений поправок за наклон сторон теодолитного хода. Дальнейшая обработка измерений при теодолитной съемке складывается из следующих действий: обработка угловых измерений и вычисление дирекционных углов и румбов сторон, вычисление приращений и координат вершин теодолитного хода, построение плана участка теодолитной съемки.

*Угловая невязка замкнутого хода.* Известно, что теоретическая сумма углов плоского многоугольника равна

$$\sum \beta_T = 180^\circ (n - 2)$$

где  $n$  — число углов многоугольника.

Пусть практическая сумма измеренных углов замкнутого многоугольника равна  $\sum \beta_n$

Разность между практической суммой измеренных углов и теоретической суммой называется угловой невязкой полигона и обозначается через  $f_\beta$

$$f_\beta = \sum \beta_T - 180^\circ (n - 2)$$

Для углов, измеренных теодолитом тридцатисекундной точности полным приемом, допустимая предельная невязка суммы углов определяется по формуле

$$f_\beta = 1' \sqrt{n}$$

а для углов, измеренных теодолитом одноминутной точности,

$$f_\beta = 1,5' \sqrt{n}$$

Допустимая невязка распределяется с обратным знаком поровну на все углы с округлением до  $0,1'$ .

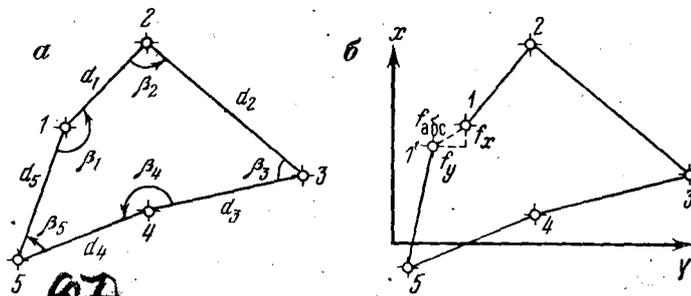


Схема вычисления координат вершин полигона

При выполнении условия угловая невязка распределяется по измеренным углам полигона поровну с обратным знаком. Поправка в каждый угол

$$\delta_\beta = -\frac{f_\beta}{n}$$

Если невязка  $f_\beta$  не делится без остатка на число углов  $n$ , то несколько большие поправки вводят в углы с короткими сторонами, так как на результатах таких углов в большей степени сказывается неточность центрирования теодолита и визирных знаков (вех). Поправки  $\delta_\beta$  с округлением до десятых долей минуты выписывают со своими знаками в ведомость над значениями соответствующих измеренных углов (табл. 7). При этом во всех случаях должно соблюдаться условие

$$\sum \delta_\beta = -f_\beta$$

т. е. сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком.

Алгебраически складывая вычисленные поправки с измеренными углами, получают исправленные углы

$$\beta_{испр_i} = \beta_{изм_i} + \delta_\beta$$

Контролем правильности обработки угловых измерений является равенство

$$\sum \beta_{испр} = \sum \beta_{теор}$$

По известному дирекционному углу начальной стороны и значениям исправленных внутренних углов полигона последовательно вычисляют дирекционные углы всех других сторон:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} \pm 180^\circ - \beta_{испр_i}^{прав}$$

и

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} \pm 180^\circ + \beta_{испр_i}^{лев}$$

где  $\beta_{испр_i}^{прав}$ ,  $\beta_{испр_i}^{лев}$  - соответственно правые и левые по ходу исправленные углы.

Таблица - Связь табличных и дирекционных углов сторон

Дирекционные углы	$0^\circ - 90^\circ$	$90^\circ - 180^\circ$	$180^\circ - 270^\circ$	$270^\circ - 360^\circ$
Четверти	I	II	III	IV
Табличные углы (румбы) $r$ , градус	$\alpha = r$	$r = 180^\circ - \alpha$	$r = \alpha - 180^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$

Контролем правильности вычислений дирекционных углов сторон полигона является повторное получение дирекционного угла начальной стороны.

По найденным значениям дирекционных углов сторон вычисляют табличные углы (румбы) в зависимости от четверти, в которой лежит данное направление.

Значения табличных углов записываются в ведомости рядом с соответствующими дирекционными углами.

**Вычисление горизонтальных проекций сторон.** В результате обработки линейных измерений вычисляют горизонтальные проекции сторон. Если при измерении длин сторон определялись углы наклона, то горизонтальные проекции сторон могут быть найдены из известных выражений:

$$D = D \cdot \cos v \quad \text{или} \quad d = D - \Delta D_H$$

где  $\Delta D_H = 2D \sin^2 \frac{v}{2}$  - поправка за наклон, определяемая по специальным таблицам.

Значения горизонтальных длин сторон заносятся в ведомость вычисления координат.

**Вычисление приращений координат и координат вершин теодолитного хода.** Приращения координат вычисляются по формулам прямой геодезической задачи.

$$\Delta x = d \cos \alpha(r); \quad \Delta y = d \sin \alpha(r).$$

Знаки приращений координат определяются с учетом четверти, в которой лежит-данное направление, т. е. по дирекционному углу стороны.

Таблица - Знаки приращений координат по четвертям

Приращение координат	Четверти			
	I	II	III	IV
$\Delta x$	+	-	-	+
$\Delta y$	+	+	-	-

Т а б л и ц а

Номер точки	Горизонтальные углы		Дирекционные углы, $\alpha$	Румбы, $r$	Горизонтальные проложения, $s$	Приращеня координат				Координаты		Номер точки
	$\beta_n$	$\beta_r$				вычисленные	исправленные		$x$	$y$		
						$\pm \Delta x$	$\pm \Delta y$	$\pm \Delta x$	$\pm \Delta y$			
A										2212,25	6165,08	A
1	-0,4 111°01,5'	111°01,1'	198°42,1'	ЮЗ : 18°42,1'	78,09	+0,03 -73,97	-0,01 -25,04	-73,94	-25,05	2138,31	6140,03	1
2	-0,4 79°25,3'	79 24,9	129 43,2	ЮВ : 50 16,8	145,01	+0,06 -92,67	-0,02 +111,54	-92,61	+111,52	2045,70	6251,55	2
3	-0,4 106 17,8	106 17,4	29 08,1	СВ : 29 08,1	156,29	+0,07 +136,52	-0,03 +76,09	+136,59	+76,06	2182,29	6327,61	3
4	-0,4 107 39,2	107 38,8	315 25,5	СЗ : 44 34,5	105,17	+0,04 +74,92	-0,02 -73,81	+74,96	-73,83	2257,25	6253,78	4
A	-0,4 135 38,2	135 37,8	243 04,3	ЮВ : 63 04,3	99,46	+0,04 -45,04	-0,02 -88,68	-45,00	-88,70	2212,25	6165,08	A
1			198 42,1	ЮЗ : 18 42,1		+211,44 -211,68	+187,63 -187,53	0,00	0,00			1
				[s] — 584,02'								

$$f_x = -0,24; f_y = +0,10$$

[s] — 584,02'

$$\Sigma \beta_n = 540'00'$$

$$= 540'02,0'$$

$$\Sigma \beta_r = 540'00'$$

$$= 540'00'$$

$$f_{\beta} = +02,0$$

$$f_{\beta_{доп}} = 1,5\sqrt{5} = 2,8'$$

$$f_{\alpha_{с}} = \sqrt{0,24^2 + 0,10^2} = 0,26 \text{ м}$$

$$f_{\alpha_{огн}} = \frac{f_{\alpha_{с}}}{[s]} = \frac{0,26}{584,02} = \frac{1}{2200} < \frac{1}{2000}$$

Приращения координат могут быть вычислены следующими способами:

1. С помощью счетной машины по натуральным значениям тригонометрических функций.
2. С помощью таблиц приращений координат.

Наиболее быстро приращения координат можно рассчитать с помощью электронных микрокалькуляторов.

Поскольку полигон имеет вид замкнутого многоугольника, то теоретическая сумма приращений координат по каждой оси должна быть равна нулю, т.е.

$$\sum \Delta x_{теор} = 0; \quad \sum \Delta y_{теор} = 0$$

Однако на практике вследствие погрешностей угловых и линейных измерений суммы приращений координат равны не нулю, а некоторым величинам  $f_x$  и  $f_y$ , которые называются невязками в приращениях координат:

$$f_x = \sum \Delta x; \quad f_y = \sum \Delta y$$

В результате этих невязок полигон, который должен быть замкнутым, окажется разомкнутым на величину отрезка  $l_{—}l'$ , называемую абсолютной линейной невязкой хода  $f_{abc}$ . Как следует из рис. проекции абсолютной невязки  $f_{abc}$  на оси координат являются невязками в приращениях координат  $f_x$  и  $f_y$ ; отсюда

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

Точность угловых и линейных измерений в теодолитном ходе оценивается по величине относительной линейной невязки

$$f_{отн} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{1}{P : f_{abc}} = \frac{1}{N}$$

где  $P$  - периметр полигона.

Вычисленная относительная невязка сравнивается с допустимой; при этом должно выполняться условие

$$f_{отн} \leq f_{отн}^{дон}$$

где  $f_{отн}^{дон}$  — допустимая относительная невязка, величина которой устанавливается соответствующими инструкциями в зависимости от масштаба съемки и условий измерений; принимается в пределах 1:2000 - 1:1000.

В случаях, когда фактическая относительная невязка окажется недопустимой, надо тщательно проверить все записи и вычисления в полевых журналах и ведомости. Если при этом ошибка не обнаружена, следует выполнить контрольные измерения длин сторон в первую очередь тех, дирекционные углы (румбы) которых близки к дирекционному углу, полученному из выражения

$$tg \alpha = \frac{f_y}{f_x}$$

Если относительная невязка допустима, т. е. соблюдается условие, то допустимы и невязки в приращениях координат  $f_x$  и  $f_y$ ; это дает основание произвести увязку (уравнивание) приращений координат отдельно по абсциссам и ординатам. Невязки  $f_x$  и  $f_y$  распределяются по вычисленным приращениям координат пропорционально длинам сторон с обратным знаком. При этом поправки в приращения координат определяются по формулам

$$\delta_{x_i} = -\frac{f_x}{P} d_i; \quad \delta_{y_i} = -\frac{f_y}{P} d_i$$

их значения с округлением до сантиметра записывают в ведомости над соответствующими вычисленными приращениями координат. Для контроля вычисляют суммы поправок  $\delta_x$  и  $\delta_y$ , которые должны быть равны соответствующим невязкам с обратным знаком, т.е.

$$\sum \delta_x = -f_x; \quad \sum \delta_y = -f_y$$

По вычисленным приращениям координат и поправкам вычисляют исправленные приращения координат:

$$\Delta x_{испр} = \Delta x_i + \delta_{x_i}; \quad \Delta y_{испр} = \Delta y_i + \delta_{y_i}$$

Суммы исправленных приращений координат должны быть равны нулю

$$\sum \Delta x_{испр} = 0; \quad \sum \Delta y_{испр} = 0$$

По исправленным приращениям и координатам начальной точки последовательно вычисляют координаты всех вершин полигона:

$$x_i = x_i + \Delta x_{испр_i}; \quad y_i = y_i + \Delta y_{испр_i}$$

Окончательным контролем правильности вычислений координат служит получение координат начальной точки теодолитного хода. Пример расчета координат вершин замкнутого теодолитного хода приведен в ведомости.

#### **Основная литература**

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Какие документы необходимы для построения плана?
- 2) Из каких действий складывается обработка измерений при теодолитной съемке?
- 3) Как вычисляются угловые невязки замкнутого и разомкнутого ходов?
- 4) Как вычисляются горизонтальные проекции сторон?
- 5) Как вычисляются приращения координат и координаты вершин теодолитного хода?

#### **Лекция № 56. Построение плана теодолитной съемки**

**Расчет размеров координатной сетки.** Для построения плана теодолитной съемки должна быть вычерчена координатная сетка со стороной квадрата 100 мм, от точности, нанесения которой на лист бумаги во многом зависит точность всего плана.

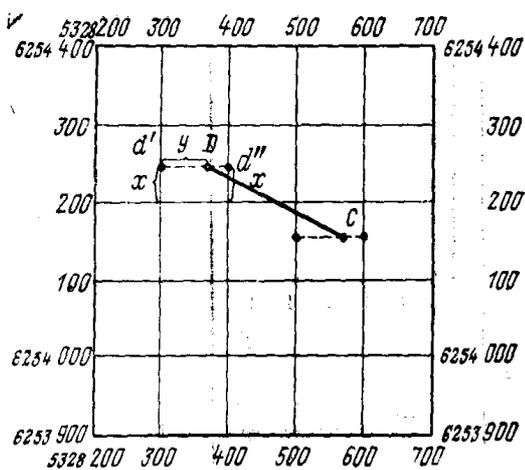
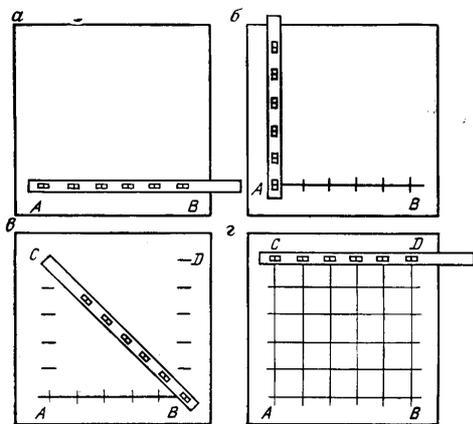
Для того чтобы план теодолитной съемки разместился симметрично внутри границ координатной сетки, производится расчет ее размеров, который обычно выполняется по координатам точек теодолитного хода. Для этого из координатной ведомости выписываются максимальные и минимальные значения  $x$  и  $y$ . Пусть, таким образом, получено:  $x_{max} = 6254307,76$ ;  $y_{max} = 5328623,28$ ;  $x_{min} = 6253983,35$ ;  $y_{min} = 5328261,11$ .

Предположим, что масштаб построения плана 1:1000, тогда сторона квадрата координатной сетки размером 10 см соответствует длине 100 м на местности. В связи с тем, что в этом случае подписи линий координатной сетки кратны 100, и для того, чтобы точка теодолитного хода с максимальным значением  $x = 6254307,76$  оказалась внутри координатной сетки, северная (верхняя) горизонтальная линия сетки нитей должна иметь подпись 6254400, а соответственно нижняя (южная) 6253900. Рассуждая аналогичным образом, легко прийти к выводу, что западная линия координатной сетки должна иметь подпись 5328200, восточная - 5328700. Таким образом, размеры координатной сетки должны быть пять на пять квадратов.

По размерам координатной сетки и рассчитанным площадям, необходимым для зарамочного оформления, определяется общий размер листа бумаги, на котором будет построен план теодолитной съемки.

**Построение координатной сетки при помощи линейки Дробышева.** Линейка Дробышева представляет собой металлическую полоску шириной 50 мм и толщиной 5 мм, в которой вырезано шесть прямоугольных окон, расстояние между которыми 100 мм. Сторона окна, направленная к началу линейки, скошена. Через середины скосов проведены штрихи, составляющие одну прямую линию, параллельную длинной скошенной стороне линейки. Скошен также конец (торец) линейки.

Скошенные края окон (кроме первого) и скошенный конец линейки выполнены в виде дуг, имеющих радиусы, равные расстоянию между окнами, т. е.  $r_1 = 100$  мм,  $r_2 = 200$  мм,  $r_3 = 300$  мм,  $r_4 = 400$  мм,  $r_5 = 500$  мм; радиус дуги скошенного конца линейки равен диагонали квадрата со стороной 500 мм, т. е.  $R = 707,11$  мм. При помощи линейки Дробышева можно построить квадрат со сторонами 500 х 500 мм или прямоугольник со сторонами 400 х 300 мм.



Построение координатной сетки выполняется следующим образом.

Линейку накладывают приблизительно параллельно нижнему концу листа бумаги и по скошенному краю проводят горизонтальную линию  $AB$ . Поместив на этой линии линейку так, чтобы она была видна в окошки, отмечают на ней штрихи, проводя карандашом по скошенным краям окон. Поворачивают линейку на  $90^\circ$ , совмещая скошенный край первого окна с первым штрихом линии  $AB$ , и проводят дугу по скошенному краю шестого окошка.

После этого укладывают линейку по диагонали от правого штриха линии  $AB$  до только что проведенного штриха и проводят штрих по скошенному краю торца линейки. В результате отмечается точка  $C$ . Аналогичные построения производятся для точки  $D$ . Затем линейка прикладывается окнами вдоль линий  $AC$ ,  $CD$  и  $DB$ , на которых по скошенным краям окон через 100 мм отмечаются штрихами промежуточные точки, через которые проводятся линии, образующие координатную сетку со сторонами малых квадратов 10 см. Не представляется сложным построить координатную сетку размером 300 x 400 мм. Диагональю в данном случае будет служить расстояние между первым и шестым окнами, равное 500 мм. Правильность построения координатной сетки может быть проверена двумя способами. Первый способ: линейка Дробышева укладывается по диагонали большого квадрата, вершины малых квадратов должны лежать на одной прямой.

Во втором способе используется циркуль-измеритель, которым проверяются диагонали малых квадратов, они не должны отличаться друг от друга более чем на 0,3 мм. Или в раствор измерителя по поперечному масштабу берут длину, соответствующую диагонали квадрата со стороной 100 мм, т.е. 141,4 мм, и проверяют диагонали квадратов координатной сетки. Расхождения не должны быть более 0,2 мм.

**Построение координатной сетки при помощи циркуля и линейки.** При помощи линейки по диагоналям листа бумаги проводятся линии. От точки их пересечения циркулем вдоль линий откладываются произвольной длины равные отрезки. Полученные таким образом отметки соединяются прямыми, в результате получается прямоугольник, стороны которого делятся пополам. Полученные точки на противоположных сторонах соединяются прямыми, которые должны пройти через точку пересечения диагональных прямых. От середины каждой стороны измерителем с использованием поперечного масштаба откладываются отрезки длиной 100 м. Полученные точки на противоположных сторонах соединяются прямыми, в результате получается координатная сетка.

**Нанесение вершин теодолитного хода на план.** После построения координатной сетки она подписывается в соответствии со значениями координат пунктов, которые будут нанесены на план: абсциссы—слева и справа от координатной сетки, ординаты—сверху и снизу. Полные значения координат подписываются в углах сетки и в точках, где координаты кратны целым тысячам метров. Остальные линии координатной сетки подписываются в сотнях метров.

Для нанесения вершин теодолитного хода на план определяется прежде всего квадрат, в котором он находится, например, для точки  $D$ , координаты которой  $x_D = 6254241,22$  и  $y_D = 5328371,78$ , таким является квадрат, координаты юго-западного угла которого  $x_0 = 6254200$ ;  $y_0 = 5328300$ . После этого из координаты  $x_0$  точки вычисляют координату  $x_0$  юго-западного угла квадрата. Разность  $x_D - x_0 = x$ , выраженную в масштабе плана, при помощи измерителя откладывают от южной стороны квадрата на его вертикальных сторонах. Полученные точки  $d'$  и  $d''$  соединяют прямой, вдоль которой от западной стороны квадрата при помощи измерителя откладывается выраженное в масштабе плана расстояние  $y = y_0 - y_0$ . Таким образом, на плане определено положение точки  $D$ . Аналогично производится построение точки  $C$  и последующих точек. Для контроля правильности нанесения точек  $D$  и  $C$  в раствор измерителя по поперечному масштабу берут горизонтальное проложение;  $S_{CD}$  и сравнивают его с отложенным

на плане. Если расхождение не более 0,2 мм, то точки нанесены правильно. Аналогичным образом определяется положение остальных точек теодолитного хода.

**Нанесение ситуации на план.** После построения точек теодолитного хода на план наносится ситуация. Если ее съемка производилась различными методами, то целесообразно начинать накладку: с контуров, снятых методом ординат. Для этого, используя абрис съемки подробностей, на сторонах теодолитного хода в масштабе плана откладывают расстояния до оснований перпендикуляров, восстанавливают перпендикуляры и на них откладывают ординаты. Полученные точки в соответствии с полевыми зарисовками соединяют плавными кривыми.

При работе по способу ординат используются линейка, треугольник и измеритель. Линейка располагается параллельно стороне теодолитного хода, при помощи треугольника восстанавливаются перпендикуляры. Расстояния до основания перпендикуляров и длины перпендикуляров определяются при помощи линейного масштаба.

Затем наносят точки, снятые методом полярных координат. Для этого используются транспортир и измеритель. В точке, принятой за полюс, укладывается транспортир, ориентированный вдоль соответствующего направления, и при его помощи строят углы, которые были измерены в поле. Вдоль прочерчиваемых направлений откладывают в масштабе плана расстояния до точек ситуаций.

Точки, снятые при помощи засечек, наносятся построением треугольников по основанию и прилежающим углам (угловые засечки) или по расстояниям (линейные засечки).

Все контуры и местные предметы после их нанесения на план вычерчиваются тушью в соответствующих условных знаках.

#### **Основная литература**

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Расчет размеров координатной сетки
- 2) Построение координатной сетки при помощи линейки Дробышева.
- 3) Построение координатной сетки при помощи циркуля и линейки.
- 4) Нанесение вершин теодолитного хода на план.
- 5) Нанесение ситуации на план.

#### **Лекция №57. Аэрофототопографическая и фототеодолитная съемки.**

Аэрофототопографическая съемка. Для больших территорий топографические карты и планы всех масштабов составляют преимущественно аэрофототопографическим методом, сущность которого заключается в следующем. С самолета с определенной высотой, зависящей от масштаба съемки, местность фотографируют автоматическим аэрофотоаппаратом (АФА) при почти вертикальной его оптической оси. В результате получают снимок местности, близкий к горизонтальному. Для того чтобы заснять всю необходимую площадь, делают несколько снимков, причем с перекрытием — изображение на последующем снимке перекрывает изображение на предыдущем.

Снимки путем трансформирования приводят к одному масштабу — требуемому масштабу топографической съемки. При трансформировании снимки также приводят к горизонтальной проекции. Чтобы выполнить трансформирование, на снимках надо иметь несколько точек, координаты которых на местности известны. Эти точки называют *опознаками*. Их опознавание (нахождение) на снимке и на местности, а также определение координат производят в результате полевых измерений на местности.

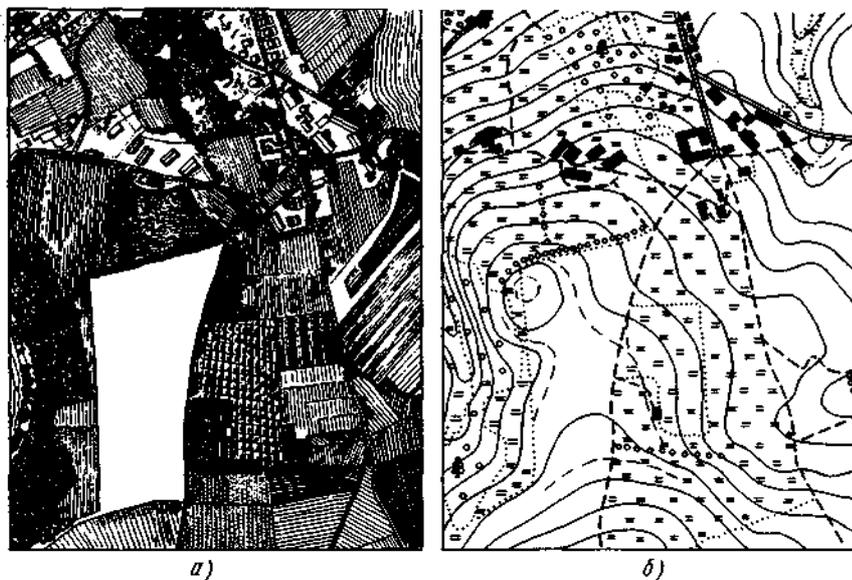


Рис. 11.6. Аэрофотографическое изображение местности (а) и составленный по нему план (б)

Топографическую карту или план создают либо комбинированным, либо стереофотограмметрическим способом. В первом случае из трансформированных снимков составляют фотоплан, на котором затем изображают рельеф мензульной съемкой. Фотографическое изображение ситуации на фотоплане не только освобождает от необходимости снимать ее при мензульных работах, но и позволяет для определения высот точек определять расстояния прямо с фотоплана. При втором способе рельеф изображают в камеральных условиях с помощью стереоприборов. Для этого необходимо на каждом снимке иметь несколько точек с известными высотами (высотные опознаки). План местности составляют либо получением фотоплана и перерисовки на него горизонталей со снимков, либо одновременной зарисовкой ситуации и рельефа на стереоприборах.

Для уточнения некоторых характеристик ситуации и рельефа, например, названий населенных пунктов и рек, этажности и материалов зданий, вида и средних размеров лесных насаждений, производят полевое обследование — дешифрирование.

Аэрофотографическое изображение участка местности и составленный по нему топографический план показаны на рис. 11.6, а, б.

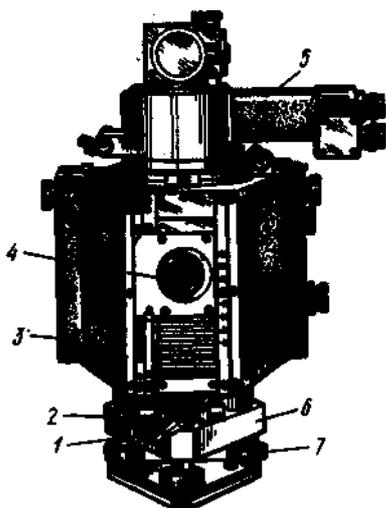


Рис. 11.7. Фототеодолит: 1, 2, 7 — винты, 3 — камера, 4 — объектив, 5 — окулярное колено, 6 — подставка

#### Фототеодолитная съемка.

Этот метод применяют для съемки местности в горных районах, обмеров зданий и сооружений, наблюдений за деформациями сооружений.

Метод основан на применении фототеодолита (рис. 11.7), в котором соединены теодолит и фотокамера. Фототеодолит устанавливают в двух точках линии, называемой базисом фототрассирования. На каждой точке оптическую ось фототеодолита приводят в горизонтальное положение, ориен-

тируют строго перпендикулярно линии базиса и производят фотографирование. Для увеличения площади съемки допускается фотографирование и при развороте фототеодолита вправо или влево на одинаковый угол в пределах  $30^\circ$ .

В результате фотографирования получают с перекрытием два снимка, называемых стереопарой. Для составления по стереопаре топографического плана необходимо знать длину базиса фотографирования и координаты (в плане и по высоте) нескольких опознаков на местности. Стереопары обрабатывают с целью получения топографического плана на стереоприборах и с помощью ЭВМ.

#### **Основная литература**

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Преимущество аэрофототопографической съемки
- 2) Дайте определение дешифрированию
- 3) Что называется стереопарой?
- 4) Для чего применяется фототеодолитная съемка?

#### **Лекция № 58. Мензуральная съемка**

Мензуральная съемка – топографическая съемка, выполняемая с помощью мензулы и кипрегеля. Топографический план составляется в процессе полевых работ. Расстояния до точек измеряются с помощью дальномера кипрегеля, а превышения определяются тригонометрическим нивелированием. Мензуральную съемку называют углоначертательной, так как углы не измеряются, а строятся графически на планшете с помощью кипрегеля.

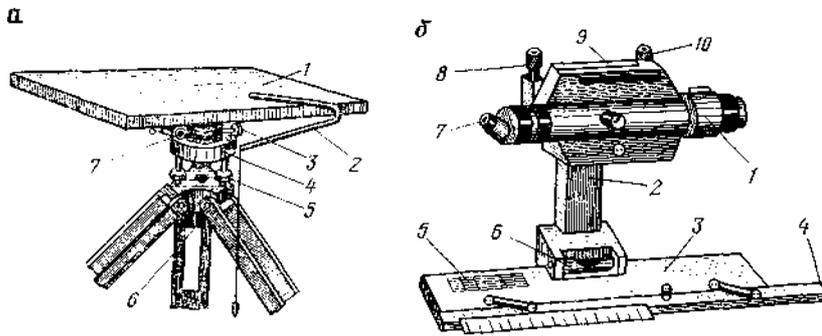
Мензуральная съемка выполняется на небольших незастроенных участках главным образом в масштабах 1:1000 и 1:2000, когда отсутствуют материалы аэрофотосъемки, и на застроенной территории в масштабе 1:5000.

Для выполнения съемки применяется мензуральный комплект, состоящий из мензулы, кипрегеля, штатива, ориентир-буссоли, центрировочной вилки и двух реек.

Мензула состоит из мензуральной доски (планшета) 1 и ее подставки 4, которая прикрепляется к штативу с помощью станкового винта 6. Подставка имеет три подъемных винта 5, закрепительный 3 и наводящий 7 винты. При съемке в масштабе 1:2000 и крупнее для центрирования планшета используется центрировочная вилка 2. Мензулы бывают универсальные и облегченные, с металлической или деревянной подставкой.

Для производства мензуральной съемки могут быть использованы кипрегели КБ, КБ-1, КА-2 и КН.

Кипрегель КБ имеет металлический вертикальный круг и трубу с внешней фокусировкой. Расстояния при работе с этим кипрегелем измеряются с помощью нитяного дальномера. Превышения определяются по измеренному углу наклона и дальне-мерному расстоянию. Кипрегели КБ-1, КА-2 и КН относятся к оптическим кипрегелям, имеющим специальные номограммы для автоматического определения расстояний и превышений. В настоящее время в СССР серийно выпускаются кипрегели КН.

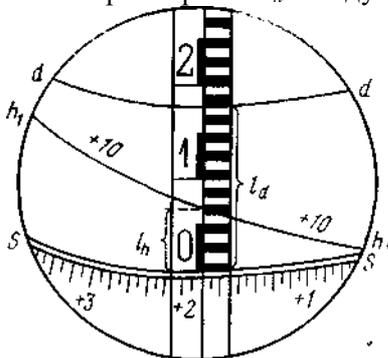


Кипрегель КН имеет зрительную трубу 1, колонку 2, линейку для прочерчивания направлений 3. Кроме основной линейки имеется дополнительная линейка 4, позволяющая наносить на планшет снимаемые точки без перемещения всего прибора. На колонке укреплен цилиндрический уровень 6 для приведения мензульной доски в горизонтальное положение. На основной линейке укреплена масштабная линейка 5. Зрительная труба дает прямое изображение наблюдаемых предметов и снабжена ломаным окуляром 7. Закрепительный и наводящий винты 8 зрительной трубы находятся на одной оси в верхней части колонки. При вертикальном круге имеется цилиндрический уровень 9 с установочным винтом 10.

На лимбе вертикального круга деления подписаны через один градус от нуля до  $50^\circ$  по ходу и против хода часовой стрелки и сопровождаются знаками плюс или минус, цена деления лимба  $5'$ . При значении  $MO = 0^\circ$ , независимо от положения вертикального круга справа или слева от трубы, отсчеты будут иметь знаки, соответствующие знаку угла наклона. Формулы вычисления места нуля (МО) и угла наклона  $v$  в этом случае имеют вид

$$\left. \begin{aligned} MO &= \frac{KP - KL}{2} \\ v &= KP - MO; \\ v &= KL + MO; \\ v &= \frac{KP + KL}{2} \end{aligned} \right\}$$

Для получения горизонтальных проложений линий и превышений используются номограммы, построенные на стеклянном вертикальном круге и видимые в поле зрения трубы при положении круга слева: основная кривая  $SS$ , кривая горизонтальных проложений  $dd$  с коэффициентом  $K_d = 100$  и кривые превышений  $hh$  с коэффициентами  $K_h = 10, 20$  и  $100$ , подписанными у соответствующей кривой. В мензульный комплект входит специальная рейка, которая имеет нуль, устанавливаемый с помощью выдвинутой подставки на высоту прибора. При определении расстояний или превышений основную кривую наводят на нуль рейки. По кривой горизонтальных проложений отсчитывают отрезок  $l_d$ , который умножают на коэффициент номограммы расстояний  $K_d$ , т. е. ( $d = l_d K_d$ ). Например, на рисунке  $d = 17,9 \text{ см} \times 100 = 17,9 \text{ м}$ . Вертикальная нить сетки должна проходить при этом посередине рейки. Величина отрезка рейки  $l_h$  между основной кривой и кривой превышений, умноженная на



коэффициент номограммы превышений  $K_h$ , соответствует превышению со знаком, который указан около кривой, т. е.  $h = l_h K_h$ . На рисунке  $h = 6,4 \text{ см} \cdot 10 = +0,64 \text{ м}$ .

Установка мензулы для выполнения съемки состоит в ориентировании, нивелировании и центрировании планшета. Эта операция производится методом последовательных приближений: вначале на глаз, а затем – точно. Ориентирование планшета выполняется с помощью ориентир буссоли, которая

прикладывается к линии координатной сетки, параллельной оси X. Затем планшет поворачивают до совмещения северного конца стрелки ориентир-буссоли с нулевым индексом. Ориентирование планшета выполняется по имеющимся на планшете направлениям на соседние точки: линейка кипрегеля прикладывается к направлению из данной точки на соседнюю и планшет поворачивается до совмещения вертикальной нити трубы кипрегеля с изображением вехи, установленной на соседней точке. При центрировании необходимо добиться, чтобы точка, нанесенная на планшете, была расположена над соответствующей точкой местности, что достигается с помощью центрировочной вилки. Нивелирование планшета производится с помощью цилиндрического уровня, расположенного в основании колонки кипрегеля, и подъемных винтов подставки мензулы.

Съемочное геодезическое обоснование для выполнения мензульной съемки развивается от пунктов государственной геодезической сети. В зависимости от условий местности и масштаба съемки применяются: аналитические способы - засечки, теодолитные и тахеометрические ходы; графические способы - мензульные засечки, геометрическая сеть и мензульные ходы.

В мензульной засечке положение точки определяется по известным точкам. В прямой засечке мензула последовательно устанавливается в точках, положение которых известно; планшет центрируется, ориентируется и нивелируется и путем визирования на определяемую точку по линейке кипрегеля прочерчивается направление. Положение определяемой точки получается на планшете пересечением двух направлений.

В том случае, если одна из исходных точек, плановое положение которых известно, недоступна, положение определяемой точки устанавливается обратной засечкой.

Геометрическая сеть развивается на открытой местности. Точки геометрической сети выбираются на возвышенных участках с учетом видимости соседних точек. Они обозначаются вехами, закрепляются кольями, штырями и плановое положение точек геометрической сети определяется засечками не менее чем с 3 пунктов. Высоты точек определяются тригонометрическим нивелированием. Горизонтальное проложение между ними измеряют на планшете. Вертикальный угол измеряют при двух положениях круга. Для каждой стороны вычисляют прямые и обратные превышения, расхождения между которыми не должны превышать 4 см на 100 м.

Мензульные ходы прокладываются для сгущения съемочного обоснования в застроенной или залесенной местности. Расстояния и превышения между точками хода измеряются в прямом и обратном направлениях.

Допустимое значение невязки высот хода подсчитывается по той же формуле, как и для тахеометрического хода. Относительная ошибка в периметре мензульного хода не должна превышать  $1/300$ , а линейная – не более 0,8 мм.

Съемка ситуации и рельефа выполняется с точек съемочного обоснования, на которых последовательно устанавливается мензула. Вокруг съемочной станции намечаются пикеты, где устанавливается рейка. При наведении зрительной трубы кипрегеля на рейку выполняются измерения, как и в тахеометрической съемке, но каждый пикет сразу же наносится на планшет. Для этого измеренное горизонтальное проложение откладывается вдоль скошенного ребра линейки кипрегеля, зрительная труба которого наведена на снимаемую точку.

Рельеф на плане изображается горизонталями, интерполирование выполняется на глаз по высотам пикетов.

#### **Основная литература**

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Из чего состоит мензула, кипрегель?
- 2) Как устанавливается мензула при выполнении съемки?
- 3) Какие способы съемочного геодезического обоснования для выполнения мензульной съемки

применяют?

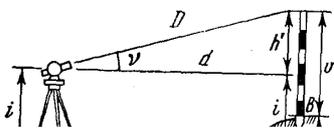
4) Как выполняется интерполирование?

## Тема 10. Тахеометрическая съемка

### Лекция №59. Сущность тахеометрической съемки. Построение съемочного обоснования для тахеометрической съемки

Тахеометрическая съемка представляет собой топографическую, т.е. контурно-высотную съемку, в результате которой получают план местности с изображением ситуации и рельефа. Тахеометрическая съемка выполняется самостоятельно для создания планов небольших участков местности в крупных масштабах (1:500-1:5000) либо в сочетании с другими видами работ, когда выполнение стереотопографической или мензульной съемок экономически нецелесообразно или технически затруднительно. Ее применение особенно выгодно для съемки узких полос местности при изысканиях трасс железных и автомобильных дорог, линий электропередач, трубопроводов и других протяженных объектов.

Слово «тахеометрия» в переводе с греческого означает «быстрое измерение». Быстрота измерений при тахеометрической съемке достигается тем, что положение снимаемой точки местности в плане и по высоте определяется при одном наведении трубы прибора на рейку, установленную в этой точке.



Принцип тригонометрического нивелирования

Тахеометрическая съемка выполняется с помощью технических теодолитов или специальных приборов—тахеометров.

При использовании технических теодолитов сущность тахеометрической съемки сводится к определению пространственных полярных координат ( $\beta$ ,  $\nu$ ,  $D$ ) точек местности и последующему нанесению этих точек на план.

Угол  $\beta$  между начальным направлением и направлением на снимаемую точку измеряется с помощью горизонтального круга, вертикальный угол  $\nu$  — вертикального круга теодолита, а расстояние до точки  $D$ —дальномером. Таким образом, плановое положение снимаемых точек определяется полярным способом (координатами  $P$ ,  $\alpha$ ), а превышения точек—методом *тригонометрического нивелирования*, осуществляемого с помощью наклонного луча визирования.

Принцип тригонометрического нивелирования заключается в следующем. Пусть требуется определить превышение  $h$  точки  $B$  над точкой  $A$ . Над точкой  $A$  устанавливается в рабочем положении теодолит, а в точке  $B$  отвесно-рейка. Измеряют высоту прибора  $i$  и зрительной трубой теодолита визируют на верх рейки (вехи), имеющей длину  $V$ . С помощью вертикального круга измеряют вертикальный угол  $\nu$ , а дальномером—наклонное расстояние  $D$  либо его горизонтальную проекцию  $d$ .

Как следует из схемы

$$h + v = h' + i,$$

$$h = h' + i - v.$$

$$h' = d \operatorname{tg} \nu,$$

$$h = d \operatorname{tg} \nu + i - v.$$

При  $i=V$ , т. е. при визировании на высоту прибора отмеченную на рейке или вехе, формула примет вид

$$h = d \operatorname{tg} \nu.$$

При измерении расстояний нитяным дальномером превышение между точками будет

$$h = d \operatorname{tg} \nu = L \cos^2 \nu \operatorname{tg} \nu = L \sin \nu \cos \nu = \frac{L}{2} \sin 2\nu$$

или в общем случае

$$h = \frac{L}{2} \sin 2\nu + i - v,$$

где  $L$ —дальномерное расстояние.

Значения  $d$  и  $h$  вычисляются с помощью микрокалькуляторов. При использовании специальных тахеометров горизонтальные проложения и превышения получаются автоматически путем взятия отсчетов по рейке.

Преимущества тахеометрической съемки по сравнению с другими видами топографических съемок заключаются в том, что она может выполняться при неблагоприятных погодных условиях; кроме того, камеральные работы могут выполняться другим исполнителем вслед за производством полевых измерений, что позволяет сократить сроки составления плана снимаемой местности.

Основным недостатком тахеометрической съемки является то, что составление плана местности выполняется в камеральных условиях на основании только результатов полевых измерений и зарисовок; при этом нельзя своевременно выявить допущенные промахи путем сличения плана с местностью.

#### **Основная литература**

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

1) Что означает слово «тахеометрия»?

2) Что собой представляет тахеометрическая съемка?

3) Назовите преимущества тахеометрической съемки.

4) Назовите недостатки тахеометрической съемки.

5) Как выполняется тахеометрическая съемка?

#### **Лекция №60. Общие сведения о приборах, применяемых при тахеометрической съемке.**

Как отмечалось выше, для производства тахеометрической съемки могут служить технические теодолиты ТЗО, 2ТЗО, Т15 и др., имеющие горизонтальный и вертикальный круги и нитяный дальномер. Перед началом съемки выполняют поверки прибора. Для удобства вычислений вертикальных углов МО вертикального круга приводится к нулю; колебания МО в процессе работы не должны превышать  $\pm 1''$ . При работе с теодолитами применяют дальномерные рейки либо шашечные нивелирные рейки.

В настоящее время при тахеометрической съемке все более широкое применение находят тахеометры. Согласно ГОСТ 10812—82 в нашей стране предусмотрен выпуск четырех типов тахеометров:

1. ТЭ—тахеометр электронный; является прибором, сочетающим в себе угломерное устройство со светодальномером. Результаты измерений регистрируются на перфоленте или на световом табло. Он предназначен для измерения расстояний до 2 км со средней квадратической погрешностью не более 2 см.

К электронным тахеометрам относятся Та5 (СССР), Геодиметр 710, Геодиметр 120 (Швеция), Пер Элта (ФРГ), ЭОТ-2000 (ГДР), TAG-1 (Швейцария) и др.

2. ТД (до 1975 г. выпускался под шифром ТП)—тахеометр с авторедукционным дальномером двойного изображения; предназначен для определения расстояний с относительной погрешностью 1:5000 и превышений со средней квадратической погрешностью 3-4 см на 100 м расстояния по горизонтальной рейке, а также для измерения горизонтальных и вертикальных углов со средними квадратическими погрешностями 8 и 12" соответственно. Угломерная часть прибора выполнена на базе теодолита Т5К.

К данному типу относится тахеометр Редта 002 (ГДР).

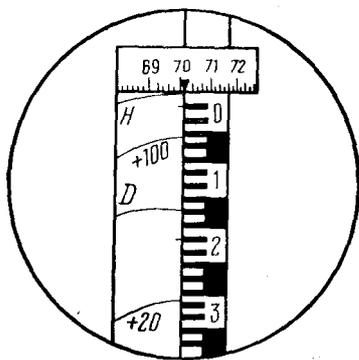
3. ТВ-тахеометр внутрибазный; предназначен для измерения горизонтальных проложений и углов. Расстояния до 60 м можно измерять без использования рейки по наблюдаемым вертикальным контурам местных предметов; при расстоянии до 180 м используется веха и дополнительная база величиной 60 см. Относительная погрешность измерения расстояний в среднем равна 1:1000. По принципу

действия тахеометр ТВ относится к дальномерам двойного изображения с переменной базой внутри прибора. Его применяют при тахеометрической съемке труднодоступных участков, открытых горных выработок, в городах в условиях интенсивного движения транспорта, а также в автодорожном и транспортном строительстве.

4. ТН—тахеометр номограммный; используется для определения горизонтальных расстояний и превышений по вертикальной рейке при помощи номограмм, видимых в поле зрения зрительной трубы. Из приборов этого типа наибольшее распространение получил отечественный тахеометр-автомат ТА-2.

ТА-2 представляет собой оптический неповторительный теодолит, лимб которого можно переставлять при помощи специального винта. Левее окуляра трубы расположен окуляр шкалового микроскопа для отчетов по горизонтальному кругу. Цена деления микроскопа  $1'$ , отчет берется до 0,  $1'$

При работе с тахеометром ТА-2 удобно пользоваться рейкой с выдвигной пяткой, позволяющей устанавливать нуль рейки на высоте, равной высоте прибора. Основную кривую  $H$  наводят на нуль рейки, совмещают левую грань изображения рейки с правой вертикальной гранью посеребренной полоски и берут отсчеты по рейке против кривых. Умножая эти отсчеты на соответствующие коэффициенты, получают горизонтальное проложение и превышение.



ТА-2

$$d = 0,173 \text{ м} \times 100 = 17,3 \text{ м};$$

$$y = 0,062 \text{ м} \times (+100) = +6,20 \text{ м};$$

$$h = 0,311 \text{ м} \times (+20) = +6,22 \text{ м}.$$

МО у тахеометра ТА-2 должно быть равно  $90^\circ$ , тогда угол наклона  $\gamma = 90^\circ - \text{КЛ}$ . В приведенном примере  $\gamma = 90^\circ - 70^\circ 10' = +19^\circ 50'$ .

Относительная погрешность измерения горизонтальных проложений тахеометром ТА-2 составляет 1:500—1:700; средняя квадратическая погрешность определения превышений, измеренных в прямом и обратном направлениях, при коэффициенте кривых  $\pm 10$  (на расстояниях от 50 до 350 м) равна 2-4 см.

Из приборов данного типа широко применяются также тахеометры Дальта 020 и Дальта 010А (ГДР). В их комплекте имеется картографический столик К.арти-250, который позволяет вычерчивать на каждой станции план местности непосредственно в

**Поле зрения трубы** поле.

#### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### Контрольные вопросы:

- 1) На какие типы делятся тахеометры?
- 2) Расскажите о ТЭ
- 3) Расскажите о ТД
- 4) Расскажите о ТВ
- 5) Расскажите о ТН
- 6) Работа с тахеометром ТА

#### Лекция №61. Производство тахеометрической съемки

Тахеометрическая съемка на горных предприятиях выполняется для получения детальных планов поверхности шахты или карьера, при изыскании трасс дорожных сооружений, геологическом картировании и т. п., а также при определении объемов полезного ископаемого на складах и отвалов непра-

вильной формы.

Полевым работам при тахеометрической съемке предшествует *составление проекта*, включающего подбор необходимых картографических материалов, каталогов пунктов планово-высотного обоснования и выбор способа создания съемочной сети в зависимости от объекта съемки, ее масштаба и имеющихся в наличии приборов. Полевые работы при тахеометрической съемке включают в себя рекогносцировку местности, создание сети съемочного обоснования и съемку ситуации и рельефа.

*Рекогносцировка местности. Создание сети съемочного обоснования.* Рекогносцировка включает в себя знакомство с местностью в районе будущей съемки, отыскание пунктов планово-высотного обоснования и выбор места для закрепления точек съемочной сети. Эти точки следует располагать по возможности на возвышенных местах с хорошим обзором местности с учетом обеспечения взаимной видимости между смежными точками.

Густота точек съемочной сети зависит от масштаба съемки, сложности рельефа, застроенное или залесенности снимаемой территории. Количество точек съемочных сетей на 1 км<sup>2</sup> незастроенных территорий для планов масштаба 1:1000 должно быть не менее 16, 1:2000-12, 1:5000-4; на незастроенных территориях при съемке в масштабе 1 : 500 и на застроенных территориях плотность точек съемочных сетей определяется рекогносцировкой.

Планово-высотную основу тахеометрической съемки составляют пункты государственной геодезической опорной сети, сетей сгущения и съемочной сети. Съемочная геодезическая сеть создается в виде теодолитно-нивелирных ходов при съемке рельефа с сечением до 1 м, теодолитно-высотных и тахеометрических ходов - при съемке рельефа с сечением через 2 м и более.

В *теодолитно-нивелирных ходах* стороны измеряются мерной лентой или соответствующими по точности оптическими дальномерами либо тахеометрами, горизонтальные углы - техническими теодолитами, а превышение точек хода - методом геометрического нивелирования. В *теодолитно-высотных ходах* длины сторон и горизонтальные углы измеряются так же, как и в предыдущем случае; превышения же точек хода определяются методом тригонометрического нивелирования.

*Тахеометрические ходы* служат для сгущения съемочной сети. Поэтому до начала тахеометрических работ пункты опорной геодезической сети и съемочного обоснования должны быть доведены до плотности, обеспечивающей возможность проложения тахеометрических ходов с соблюдением требований инструкции.

Тахеометрические ходы отличаются от теодолитно-высотных тем, что стороны в них измеряются обычно с помощью нитяного дальномера. Точки тахеометрических ходов закрепляются так же, как и в теодолитных ходах. Тахеометрические ходы прокладывают между пунктами опорной геодезической сети и съемочного обоснования, координаты которых известны из более точных измерений. Привязка этих ходов к опорным пунктам выполняется в обычном порядке.

*Съемка ситуации и рельефа.* Тахеометрическая съемка местности может выполняться техническими теодолитами либо специальными тахеометрами. По возможности рекомендуется использовать для съемки тахеометры-автоматы (номограммные тахеометры), позволяющие непосредственно измерять горизонтальные проложения линий и превышения точек. Это освобождает исполнителя от измерения вертикальных углов и вычислений, что существенно повышает производительность труда.

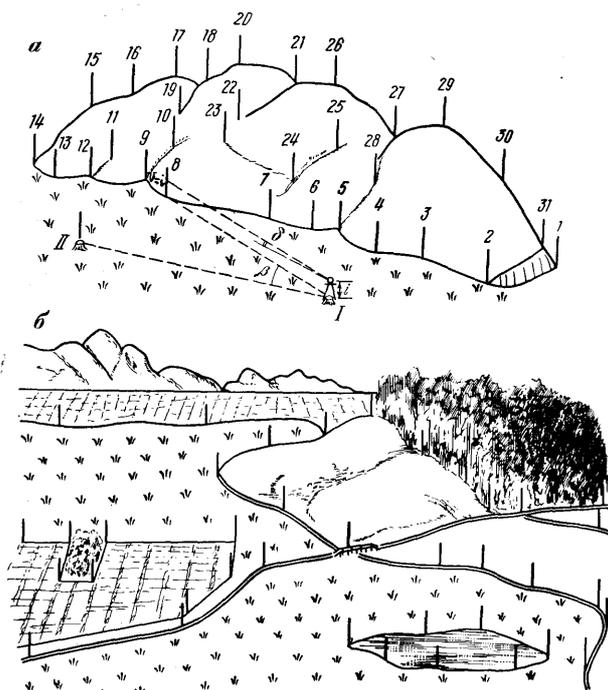
Съемка ситуации и рельефа может выполняться одновременно с проложением тахеометрических ходов либо после того, как ходы проложены. В первом случае на каждой станции сначала производят все измерения, связанные с проложением ходов съемочного обоснования, а затем выполняют съемку ситуации и рельефа

Съемка местных предметов, контуров и рельефа местности производится, как правило, полярным способом; в исключительных случаях (при съемке недоступных местных предметов) применяется способ угловых засечек. Превышения точек местности определяют тригонометрическим нивелированием; в равнинной местности превышения можно определять горизонтальным лучом пользуясь теодолитом как нивелиром, т. е. установив визирную ось трубы теодолита в горизонтальное положение. Горизонтальные (полярные) и вертикальные углы измеряют при одном положении зрительной трубы прибора, полярные расстояния - нитяным дальномером.

Вокруг каждой станции намечают реечные (пикетные) точки, необходимое количество которых зависит от характера рельефа, сложности ситуации и масштаба съемки. Реечные точки выбирают на характерных точках рельефа - на вершинах и подошвах холмов, па дне и бровках котловин и оврагов, по линиям водоразделов и водосливов, на перегибах скатов и седловинах, а также в характерных точках контуров и у местных предметов. На рис. 73 показан пример выбора положения высотных и контурных реечных точек.

Для изображения рельефа устанавливают рейку на всех точках перегибов местности по характер-

ным линиям рельефа с таким расчетом, чтобы скат между соседними реечными точками можно было считать равномерным, допуская колебания в пределах не более половины высоты сечения рельефа горизонталями. Так, для того чтобы изобразить рельеф холма, реечник должен последовательно установить рейку в следующих точках: 1-9, 12, 13, 14—для определения подошвы холма, 15, 16, 17, 30, 31—перегибов скатов, 20, 26, 29—вершины холма, 21, 27—седловин, 10, 11, 19, 22 - направлений линий тальвегов, лощин и т. п. В пределах снимаемого участка местности должны быть сняты все объекты ситуации, выражающиеся в заданном масштабе плана. При выборе контурных точек следует иметь в виду, что изгибы снимаемых контуров меньше 0,5 мм в масштабе плана спрямляются; участки сельскохозяйственных угодий и контуры растительного покрова площадью до 10 мм<sup>2</sup> на плане не показываются.



Речные точки: а - высотные; б - контурные

При выполнении съемки техническими теодолитами (круговыми тахеометрами) работа на станции выполняется в следующем порядке.

1. Теодолит устанавливают над точкой в рабочее положение, измеряют высоту прибора  $i$  и отмечают ее на рейке.

2. При КЛ (или КП) совмещают нули лимба и алидады и вращением лимба визируют зрительной трубой на предыдущую (иногда последующую) станцию; тем самым лимб ориентируется нулевым делением по выбранному начальному направлению. Лимб закрепляют.

3. Открепив алидаду, производят последовательное визирование на снимаемые пикетные точки, на которых устанавливается рейка. Зрительную трубу наводят на рейку так, чтобы вертикальная нить сетки совместилась с осью рейки, а горизонтальная - с меткой, соответствующей высоте прибора. Берут отсчеты по нитяному дальномеру, горизонтальному и вертикальному кругам и записывают их в журнал.

В графе «Примечание» указывают место расположения речной точки, характер рельефа в данной точке и другие сведения, необходимые для вычислений и при последующем составлении плана. Если речная точка является только контурной, то при ее съемке отсчет по вертикальному кругу не берется.

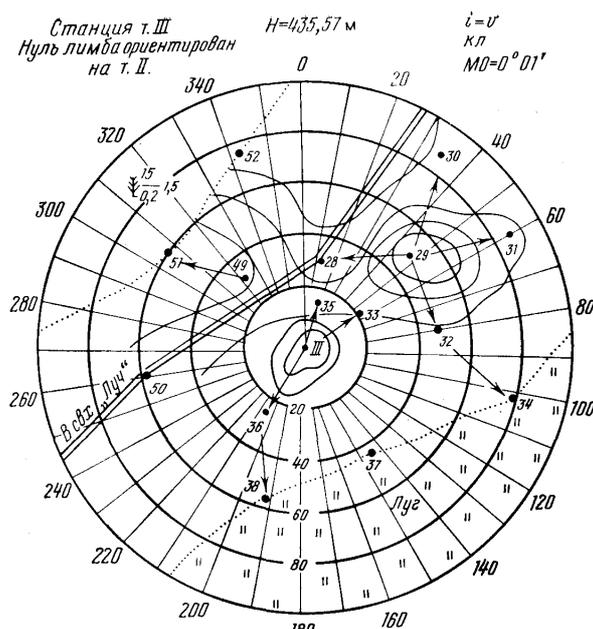
4. Вращением алидады визируют на следующую речную точку и повторяют те же действия.

Для каждой речной точки с помощью микрокалькулятора либо по тахеометрическим таблицам находят горизонтальное проложение и превышение. При работе с тахеометром-автоматом горизонтальные проложения и превышения точек определяют непосредственно по рейке с помощью номограммных кривых. После съемки 20-30 речных точек, а также по окончании работы на станции повторно визируют по начальному направлению и берут контрольный отсчет по горизонтальному кругу; если контрольный отсчет отличается от  $0^\circ$  не более  $1,5'$ , то ориентировку лимба считают ненарушенной.

Для контроля и во избежание пропусков (незаснятых участков) в съемке местности на смежных

станциях выполняют съемку с перекрытием, равным максимально допустимому расстоянию между соседними пикетными точками для данного масштаба съемки. Нумерация пикетных точек на всех станциях принимается сквозной.

В процессе съемки на каждой станции одновременно с полевым журналом ведется абрис—схематический чертеж местности. На абрис наносят по полярным координатам ( $p, d$ ) все речные точки и контуры местности; стрелками, соединяющими соседние пикетные точки, между которыми имеется равномерный уклон, указывают направления скатов;



Наблюдал: Кузнецов А.Д.

Дата 18.07.86s.

Записывал ст. Иванов О.В.

Абрис тахеометрической съемки

пунктиром показывают линии водоразделов и тальвегов; условными горизонталями изображают отдельные ясно выраженные формы рельефа. Абрисы выполняют условными знаками с пояснительными подписями, примерно выдерживая масштаб съемки. Для каждой станции абрис составляется на отдельном листе.

Абрис удобно составлять на круговой номограмме, представляющей собой ряд concentрических окружностей через 1 см и радиальных кривых, проведенных через  $10^\circ$ . Станция, с которой ведется съемка, принимается в центре номограммы; вертикальный диаметр номограммы принимается за начальное направление, от верхнего конца которого ведется отсчет горизонтальных углов. Речные точки наносят по полярным координатам: расстояния отсчитывают по concentрическим кругам в принятом для номограммы масштабе, а полярные углы - по градусному кольцу.

Ведение абриса является одной из наиболее ответственных операций тахеометрической съемки, так как составление плана производится в камеральных условиях, когда исполнитель не видит перед собой местности; следовательно, от качества абриса во многом зависит правильность изображения на плане ситуации и рельефа местности.

#### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### Контрольные вопросы:

- 1) Что включает в себя и предшествует перед полевыми работами при тахеометрической съемке?
- 2) Расскажите о порядке работы на станции при выполнении съемки техническими теодолитами?
- 3) Что называется абрисом?
- 4) Какая операция является ответственной при тахеометрической съемке?

### **Лекция №62. Камеральная обработка полевых измерений. Построение плана тахеометрической съемки**

Камеральную обработку начинают с проверки полевых журналов и составления схемы съемочной сети, на которой записывают результаты полевых измерений.

При уравнивании тахеометрических ходов допустимая угловая невязка вычисляется по формуле

$$f_{\beta \text{ доп}} = 1' \sqrt{n},$$

где  $n$  - количество углов, а относительная линейная невязка хода не должна превышать

$$f_{s \text{ доп}} = \frac{[s]}{400 \sqrt{n}},$$

где  $[s]$ —длина хода, м;  $n$ —число линий. Предельная невязка суммы превышений хода не должна превышать

$$f_{h \text{ доп}} = 0,04s \sqrt{n}, \text{ см,}$$

где  $s$  - средняя длина сторон в сотнях метров;  $n$  - число сторон.

При вычислении горизонтальных расстояний до пикетных точек и их превышений над отметкой съемочной станции в случае применения теодолита и нитяного дальномера используют формулы. Если используются номограммные тахеометры, превышения и горизонтальные проложения снимаются непосредственно с номограмм. Отметки пикетов вычисляются по формуле

$$H_i = H_{ст} + h_i,$$

где  $H_{ст}$  - высота станции тахеометрической съемки;  $h_i$ —превышения между станцией тахеометрической съемки и пикетными точками.

После окончания вычислений составляют план тахеометрической съемки. План вычерчивают на планшете, сначала строится координатная сетка, затем по координатам наносятся точки съемочной сети. После чего с помощью транспортира и масштабной линейки наносятся пикетные точки, возле которых выписываются с округлениями до 0,1 м их высоты. По абрису съемки наносится ситуация, выполняется интерполирование и затем проводятся горизонтали.

План тахеометрической съемки до его вычерчивания в туши тщательно проверяется в поле путем глазомерного сличения с местностью контуров и рельефа, нанесенных на план. Кроме того, проводится выборочная инструментальная проверка.

#### **Основная литература**

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) По какой формуле вычисляется допустимая угловая невязка при уравнивании тахеометрических ходов?
- 2) Формула допустимой относительной линейной невязки
- 3) По какой формуле вычисляется отметки пикетов?
- 4) Расскажите как составляется план тахеометрической съемки?

### **Тема 11. Определение площадей**

#### **Лекция №63. Способы определения площадей. Точность определения площадей.**

На планах и картах площади можно определить геометрическим или механическим способами. Геометрические способы используются тогда, когда известны результаты измерения геометрических

элементов фигуры – длины ее линий и величины углов или функций этих элементов, которыми являются координаты вершин фигуры. Механические способы применяются для определения площади по плану при помощи механических приборов – планиметров.

Геометрические способы это: графический метод определения площадей, при этом участок разбивается на простейшие геометрические фигуры; вычисление площади фигур по палеткам и аналитический метод – вычисление площади участка по координатам вершин его контура.

Точность определения площадей связана с методами ее определения.

Площадь участка действительной, или топографической поверхности отличается от площади проекции этого участка, измеряемой на плане или карте. Это отличие обусловлено не только общим наклоном поверхности к горизонту, но и ее пересеченностью, учет которой также необходим, но пока еще затруднителен. При углах наклона  $\geq 7^\circ$  погрешность площадей контуров стремительно возрастает и должна учитываться.

Точность определения площади планиметром тем выше, чем крупнее масштаб карты. Погрешность  $\Delta P$  площади  $P$  в гектарах оценивается по формуле

$$\Delta P = 0.0001M\sqrt{P}.$$

### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

### Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

### Контрольные вопросы:

- 1) В чем различие действительной и определяемой по геодезическим данным площадью участка земной поверхности?
- 2) Указать геометрические способы определения площади по плану.
- 3) Как связана точность определения площади планиметром с масштабом плана?
- 4) Какова точность определения площадей различными способами?
- 5) Перечислите способы вычисления площадей на планах и картах.

### Лекция №64. Вычисление площади полигона по координатам его вершин

*Аналитический способ.* Пусть дан четырехугольник ABCD, координаты вершин которого известны. Непосредственно из рисунка можно записать

$$S_{ABCD} = S_{Abba} + S_{BCdb} - S_{CdcD} - S_{DcaA}$$

Представив площадь каждой трапеции как произведение полусуммы параллельных сторон на высоту и удвоив полученные результаты, найдем

$$2S = (x_1 + x_2)(y_2 - y_1) + (x_2 + x_3)(y_3 - y_2) - (x_3 + x_4)(y_3 - y_4) - (x_4 + x_1)(y_4 - y_1)$$

Преобразовывая, получи

$$2S = x_1(y_2 - y_4) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_4 - y_2) + x_4(y_1 - y_3)$$

Эту формулу для случая  $n$  – угольника в общем виде можно записать

$$2S = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) \quad (25)$$

или

$$2S = \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}) \quad (26)$$

Точность определения площади таким способом зависит от точности определения координат точек. Так, при точности измерения углов  $\pm 1'$  и линий – 1:2000 ошибка в определении площади составит около 1:1500. Допустимая погрешность вычисления площадей аналитическим способом равна 1/1000.

### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Какими способами определяются координаты углов полигона?
- 2) Можно ли обнаружить ошибку площади, вызванную ошибкой координат?
- 3) Как выполняется контроль определения площади аналитическим способом?
- 4) Чему равна допустимая погрешность вычисления площадей аналитическим способом?
- 5) Где с большей точностью будет определена площадь на карте масштаба 1:25 000 или М 1: 10 000.

#### **Лекция №65. Графический метод определения площадей**

Этот способ заключается в разбивке данной на плане или карте фигуры на ряд простейших геометрических фигур. Тогда площадь всей фигуры будет равна сумме площадей элементарных фигур (треугольники, трапеции). Замечено, что площадь контура получается более точной, если он разбит на треугольники

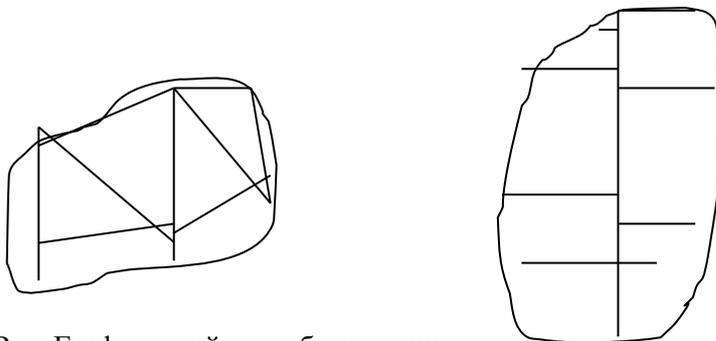


Рис. Графический способ измерения площади

#### **Основная литература**

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Площади участков какой конфигурации удобнее определять данным способом?
- 2) От чего зависит точность определения площади графическим способом?
- 3) Где с большей точностью будет определена площадь на плане масштаба 1:5 000 или М1: 1000?
- 4) Что необходимо иметь для определения площади данным способом?
- 5) Чему равна площадь треугольника?
- 6) Чему равна площадь трапеции?

### Лекция №66. Вычисление площади фигур по палеткам

Площади небольших участков, ограниченные криволинейными контурами могут быть определены при помощи палеток.

Палетка представляет собой прозрачную основу с нанесенной на нее сеткой равных по площади фигур, обычно сторона сетки квадратов составляет 2-10 мм. Палетку кладут на план и внутри контура фигуры подсчитывают число целых квадратов  $n_1$  и число квадратов  $n_2$ , которые составлены на глаз из частей, рассеченных контуром. Площадь участка

$$P = p(n_1 + n_2),$$

где  $p$  - площадь одного квадрата в масштабе плана.

Палетка может быть точечной. В этом случае подсчитывают число точек попавших внутрь контура.

Палетки могут быть также параллельными.

#### Основная литература

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### Контрольные вопросы:

1) Площади, каких участков определяются при помощи палеток?

2) Какие палетки применяются для определения площади?

3) Какой способ точнее при определении площади аналитический или с помощью палетки?

4) Изложить порядок определения площадей квадратной палеткой.

5) Область применения определения площадей палеткой.

### Лекция №67. Определение площадей планиметром

*Механический способ.* Этот способ основан на применении специального прибора – планиметра. Наибольшее распространение получил полярный планиметр.

Перед измерением площади определяют цену одного деления счетного механизма планиметра. Для этого выбирают участок, площадь  $S$  которого легко получить геометрически (например, один из квадратов сетки плана), и обводят его. При этом берут отчеты по счетному механизму  $n_1$  до обводки участка и  $n_2$  - после обводки. Тогда цена одного деления счетного механизма будет

$$C = S/(n_2 - n_1) \quad (27)$$

При этом  $n_2 > n_1$ , если участок обводят по ходу часовой стрелки, и  $n_2 < n_1$  – при обводе участка против хода часовой стрелки. Зная цену одного деления планиметра, можно определить площадь любого участка. Для этого необходимо произвести два отсчета  $n_o$  и  $n$  до и после обвода этого участка планиметром; значение площади получают по формулам

$$S = C(n - n_o) \quad (28)$$

или 
$$S = C(n - n_o) + Q \quad (29)$$

где  $Q$  - постоянное число планиметра.

Формулу (28) используют в том случае, когда полюс планиметра находится вне обводимого контура, а формулу (29) – когда полюс внутри контура. Постоянное  $Q$  планиметра определяют по формуле

$$Q = S/C - n'$$

где  $S$  – известная площадь участка, например, площадь квадрата, вычисленная геометрически;  $C$  – цена деления планиметра (должна быть известна);  $n' = n - n_o$

Цену деления  $C$  можно изменять путем перемещения счетного механизма по обводному рычагу. Допустим, что цена деления равна некоторому числу  $C_o$  и этому числу соответствует длина рычага  $R_o$  тогда

$$R_o = C_o R / C \quad (30)$$

Точность определения площади планиметром характеризуется относительной ошибкой порядка 1:300.

### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

### Дополнительная литература

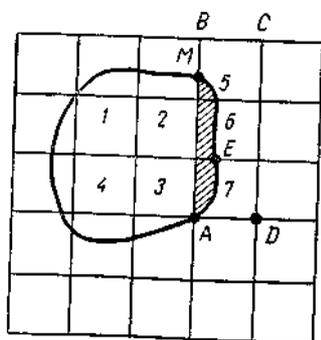
- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

### Контрольные вопросы:

- 1) Что такое цена деления планиметра и как она определяется?
- 2) Изложите порядок работы с планиметром при определении площади участка на плане.
- 3) Какова точность определения площадей планиметром?
- 4) Зависит ли цена деления планиметра от масштаба плана?
- 5) Что достигается изменением длины обводного рычага?

### Лекция №68. Определение площади по способу А. Е. Савича

Для определения площади большого размера можно применять способ Савича. На планах обычно имеется координатная сетка.



Площадь каждого квадрата заранее можно определить. Большой участок плана может занимать несколько полных и неполных квадратов плана (рис. 88).

Площадь полных квадратов получают вычислением с учетом масштаба плана, а неполные части квадратов определяют планиметром.

Неполные части квадратов (заштрихованные), например площадь  $AME$ , определяют следующим образом. Планиметром обводят прямоугольник  $ABCD$  (три квадрата) и площадь выражают делениями  $N_2 - N_1$ . Затем обводят контур  $AME$  и площадь выражают в делениях  $n_2 - n_1$ . Площадь участка  $AME$  будет

$$S_{AME} = \frac{S_{ABCD}}{N_2 - N_1} (n_2 - n_1)$$

здесь  $S_{ABCD}$  - площадь прямоугольника  $ABCD$ , вычисленная по квадратам координатной сетки. Аналогично этому можно получить площади других неполных частей квадратов. Дробь  $\frac{S_{ABCD}}{N_2 - N_1}$  представляет собой цену деления планиметра.

### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

### Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

### Контрольные вопросы:

- 1) В каких случаях применяют способ Савича?
- 2) Как определяют площадь по способу Савича?
- 3) Для чего нужен планиметр?
- 4) Чему равна цена деления планиметра?

## МОДУЛЬ 5

### Тема 12. Общие сведения из теории ошибок измерений

#### Лекция №69. Виды ошибок измерений. Основные правила вычислений.

Измерения в геодезии рассматриваются с двух точек зрения: количественной, выражающей числовое значение измеренной величины, и качественной, характеризующей ее точность.

Из практики известно, что даже при самой тщательной и аккуратной работе многократные (повторные) измерения не дают одинаковых результатов. Это указывает на то, что получаемые результаты не являются точным значением измеряемой величины, а несколько отклоняются от него. Значение отклонения характеризует точность измерений. Если обозначить истинное значение измеряемой величины  $X$ , а результат измерения  $l$ , то истинная ошибка измерения  $\Delta$  определится из выражения

$$\Delta = l - X$$

Любая ошибка результата измерения есть следствие действия многих факторов, каждый из которых порождает свою погрешность. Ошибки, происходящие от отдельных факторов, называют *элементарными*. Ошибки *результата измерения* являются алгебраической суммой элементарных ошибок.

Изучением основных свойств и закономерностей действия ошибок измерений, разработкой методов получения наиболее точного значения измеряемой величины и характеристик ее точности занимается теория ошибок измерений. Излагаемые в ней методы решения задач позволяют рассчитать необходимую точность предстоящих измерений и на основании этого расчета выбрать соответствующие приборы и технологию измерений, а после производства измерений получить наилучшие их результаты и оценить их точность. Математической основой теории ошибок измерений являются *теория вероятностей* и *математическая статистика*.

Ошибки измерений разделяют по двум признакам: характеру их действия и источнику происхождения.

По характеру действия ошибки бывают грубые, систематические и случайные.

*Грубыми* называют ошибки, превосходящие по абсолютной величине некоторый, установленный для данных условий измерений, предел. Они происходят в большинстве случаев в результате промахов и просчетов исполнителя: Такие ошибки обнаруживают повторными измерениями, а результаты, содержащие их, бракуют и заменяют новыми. Ошибки, которые по знаку или величине однообразно повторяются в многократных измерениях (например в длине линии из-за неточного знания длины мерного прибора, из-за неточности уложения мерного прибора в створе этой линии и т.п.), называют *систематическими*. Влияние систематических ошибок стремятся исключить из результатов измерений или ослабить тщательной проверкой измерительных приборов, применением соответствующей методики измерений, а также введением поправок в результаты измерений.

*Случайные* ошибки — это ошибки, размер и влияние которых на каждый отдельный результат измерения остается неизвестным. Величину и знак случайной ошибки заранее установить нельзя. Однако теоретические исследования и многолетний опыт измерений показывают, что случайные ошибки подчинены определенным вероятностным закономерностям, изучение которых дает возможность получить наиболее надежный результат и оценить его точность.

По источнику происхождения различают ошибки приборов, внешние и личные.

Ошибки приборов обусловлены их несовершенством, например, ошибка в угле, измеренном теодолитом, ось вращения которого неточно приведена в вертикальное положение.

Внешние ошибки происходят из-за влияния внешней среды, в которой протекают измерения, например, ошибка в отсчете по нивелирной рейке из-за изменения температуры воздуха на пути светового луча (рефракция) или нагрева нивелира солнечными лучами.

Личные ошибки связаны с особенностями наблюдателя, например, разные наблюдатели по-разному наводят зрительную трубу на визирную цель.

Так как грубые ошибки должны быть исключены из результатов измерений, а систематические исключены или ослаблены до минимально допустимого предела, то проектирование измерений с необходимой точностью, оценку результатов выполненных измерений производят, основываясь на свойствах случайных ошибок.

#### **Основные правила вычислений**

Вычисления — неотъемлемый элемент геодезических работ как во время измерений, так и в процессе обработки их результатов. Способ и технические средства вычислений зависят от сложности и объема работы. Для вычислений используют различные вычислительные машины. В процессе работы пользуются справочными материалами, таблицами, номограммами.

При вычислении соблюдают общие требования, позволяющие уменьшать вероятность ошибок и

получать результат наиболее простым способом:

прежде всего выбирают рациональную схему (алгоритм), обеспечивающую простоту, наглядность и однотипность вычислений; например, результаты измерений и полевых вычислений записывают в стандартных журналах, а последующих (камеральных) вычислений — в бланках или ведомостях;

все вычисления сопровождаются контролем — текущим и заключительным. При текущем контроле проверяют правильность промежуточных вычислений, при заключительном — окончательного результата. Для этого вычисления выполняют два работника, параллельно и независимо друг от друга; либо результаты проверяют по контрольным формулам;

записи ведут четко и разборчиво; не допускается исправление неверно записанного или вычисленного числа по ранее написанному — ошибочное число зачеркивают одной линией и над ним пишут правильное число.

В геодезических вычислениях приходится иметь дело преимущественно с приближенными числами. Для того чтобы добиться наибольшей степени приближения, соблюдают следующие правила сближенном числе выделяют десятичные знаки, значащие цифры и верные цифры. Десятичными знаками считают все цифры, стоящие после запятой, значащими цифрами — все цифры числа, кроме нулей, стоящих перед первой и после последней значащими цифрами (например, в числе 0,0107 четыре десятичных знака и три значащие цифры). Верными называются цифры числа, «заслуживающие доверия». Например, если при измерении линии с точностью до 1 м получается результат 285,41 м, верными будут цифры 285, последние две цифры неверные, «не заслуживающие доверия». При вычислениях удерживают такое количество значащих цифр, десяти знаков, знаков логарифма, которое обеспечивает нужную точность результатов и не загружают вычисления неверными или ненужными цифрами. В тех случаях, когда приближенное число содержит излишнее количество неверных значащих цифр, прибегают к округлению. Обычно руководствуются следующим правилом: при выполнении приближенных вычислений число значащих цифр промежуточных результатов не должно превышать числа верных цифр более чем на одну или две единицы. Окончательный результат может содержать не более одной лишней значащей цифры. Числа округляют по общим правилам: если следующая после оставляемой цифры меньше пяти, ее и последующие цифры отбрасывают, если больше пяти — к последней оставляемой цифре прибавляют единицу, например, число  $\pi$  последовательно округляют так: 3,14159; 3,1416; 3,142; 3,14.

Если в числе последняя цифра 5, ее округляют до четной цифры например, 10,375 — до 10,38; 0,245 — до 0,24.

При выполнении арифметических действий с приближенными числами целесообразно руководствоваться следующими правилами:

при сложении или вычитании чисел с неодинаковым количеством десятичных знаков оставляют столько десятичных знаков, сколько их имеет число с наименьшим количеством десятичных знаков, плюс один запасной знак. В сумме или разности оставляют столько десятичных знаков, сколько имеет число с наименьшим количеством знаков;

при умножении или делении чисел с неодинаковым количеством значащих цифр оставляют столько значащих цифр, сколько их имеет число с наименьшим количеством значащих цифр, плюс одна запасная цифра. В произведении или частном сохраняют столько значащих цифр, сколько их имеет число с наименьшим количеством значащих цифр;

при возведении числа в степень в результате оставляют столько значащих цифр, сколько их было в числе, возводимом в степень;

при извлечении корня из числа в результате сохраняют столько значащих цифр, сколько верных цифр имеет подкоренное число.

При вычислениях, связанных с умножением и делением чисел, возведением в степень и извлечением корня, применяют логарифмический, нелогарифмический (натуральный) и бестабличный способы, наиболее часто — нелогарифмический способ, основанный на применении вычислительных машин.

### **Основная литература**

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Какие бывают виды ошибок измерений?
- 2) Какие ошибки называют грубыми ошибками?
- 3) Какие ошибки называют случайными ошибками?
- 4) Какие ошибки называют систематическими ошибками?
- 5) Расскажите об основных правила вычисления ошибок.

#### **Лекция № 70. Свойства случайных ошибок**

Случайные ошибки характеризуются следующими свойствами.

1. При определенных условиях измерений случайные ошибки по абсолютной величине не могут превышать известного предела называемого предельной ошибкой. Это свойство позволяет обнаруживать и исключать из результатов измерений грубые ошибки.

2. Положительные и отрицательные случайные ошибки примерно одинаково часто встречаются в ряду измерений, что помогает выявлению систематических ошибок.

3. Чем больше абсолютная величина ошибки, тем реже она встречается в ряде измерений.

4. Среднее арифметическое из случайных ошибок измерений одной и той же величины, выполненных при одинаковых условиях при неограниченном возрастании числа измерений стремится к нулю. Это свойство, называемое свойством компенсации, можно математически записать так:  $\lim_{n \rightarrow \infty} ([\Delta]/n) = 0$ , где  $[\Delta]$  — знак суммы, т.е.

$[\Delta] = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_n$ ,  $n$  — число измерений.

Последнее свойство случайных ошибок позволяет установить принцип получения из ряда измерений одной и той же величины результата, наиболее близкого к ее истинному значению, т.е. наиболее точного. Таким результатом является среднее арифметическое из  $n$  измеренных значений данной величины. При бесконечно большом числе измерений  $\lim_{n \rightarrow \infty} ([l]/n) = X$ .

При конечном числе измерений арифметическая середина  $x = [l]/n$  содержит остаточную случайную погрешность, однако от точного значения  $X$  измеряемой величины она отличается меньше, чем любой результат  $l$  непосредственного измерения. Это позволяет при любом числе измерений, если  $n > 1$ , принимать арифметическую средину за окончательное значение измеренной величины. Точность окончательного результата тем выше, чем больше  $n$ .

#### **Основная литература**

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Какими свойствами характеризуются случайные ошибки?
- 2) Что называют «предельной ошибкой»?
- 3) Что называется «свойством компенсации»?
- 4) Как вычисляют среднее арифметическое из случайных ошибок измерений?

#### **Лекция №71. Средняя квадратическая, предельная и относительная ошибки**

Для правильного использования результатов измерений необходимо знать, с какой точностью, т.е. с какой степенью близости к истинному значению измеряемой величины, они получены. Характе-

ристикой точности отдельного измерения в теории ошибок служит предложенная Гауссом средняя квадратическая ошибка  $m$ , вычисляемая по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\Delta^2}{n}}$$

где  $n$  — число измерений данной величины.

Эта формула применима для случаев, когда известно истинное значение измеряемой величины. Такие случаи в практике встречаются редко. В то же время из измерений можно получить результат, наиболее близкий к истинному значению, — арифметическую средину. Для этого случая средняя квадратическая ошибка одного измерения подсчитывается по формуле Бесселя

$$m = \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n-1}}$$

где  $\delta$  — отклонения отдельных значений измеренной величины от арифметической средины, называемые вероятнейшими ошибками, причем  $[\delta] = 0$ .

Точность арифметической средины, естественно, будет выше точности отдельного измерения. Ее средняя квадратическая ошибка  $M$  определяется по формуле

$$M = m / \sqrt{n}$$

где  $m$  — средняя квадратическая ошибка одного измерения, вычисляемая по формуле (5.2) или (5.3).

Часто в практике для контроля и повышения точности определяемую величину измеряют дважды — в прямом и обратном направлениях, например, длину линий, превышения между точками. Из двух полученных значений за окончательное принимается среднее из них. В этом случае средняя квадратическая ошибка одного измерения подсчитывается по формуле

$$m = \sqrt{\frac{[\delta^2]}{2n}}$$

а средний результат из двух измерений — по формуле

$$M = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[d^2]}{n}}$$

где  $d$  — разность двукратно измеренных величин,  $n$  — число разностей (двойных измерений).

В соответствии с первым свойством случайных ошибок для абсолютной величины случайной ошибки при данных условиях, измерений существует допустимый предел, называемый предельной ошибкой. В строительных нормах предельная ошибка называется допуском отклонением.

Теорией ошибок измерений доказывается, что абсолютное большинство случайных ошибок (68,3%) данного ряда измерений находится в интервале от 0 до  $+m$ ; в интервал от 0 до  $+2m$  попадает 95,4%, а от 0 до  $\pm 3m$  — 99,7% ошибок. Таким образом, из 100 ошибок данного ряда измерений лишь пять могут оказаться больше или равны  $2m$ , а из 1000 ошибок только три будут больше или равны  $3m$ . На основании этого в качестве предельной ошибки  $\Delta_{\text{пред}}$  для данного ряда измерений принимается утроенная средняя квадратическая ошибка, т.е.  $\Delta_{\text{пред}} = 3m$ . На практике во многих работах для повышения требований точности измерений принимают  $\Delta_{\text{пред}} = 2m$ . Погрешность измерений, величины которых превосходят  $\Delta_{\text{пред}}$ , считают грубыми.

Иногда о точности измерений судят не по абсолютной величине средней квадратической или предельной ошибки, а по величине относительной ошибки.

Относительной ошибкой называется отношение абсолютной погрешности к значению самой измеренной величины. Относительная ошибка выражается в виде простой дроби, числитель которой — единица, а знаменатель — число, округленное до двух-трех значащих цифр с нулями. Например, относительная средняя квадратическая ошибка измерения линии длиной  $l = 110$  м при  $m_l = 2$  см равна  $m/l = 1/5500$ , а относительная предельная ошибка при  $\Delta_{\text{пред}} = 3m \Delta_{\text{пред}} / l = 1/1800$ .

### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. — Алматы: КазНТУ, 2002 г. — 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. — М.: Высшая школа, 2000 г. — 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. — М.: Недра, 1991 г. — 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

**Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

**Контрольные вопросы:**

- 1) По какой формуле вычисляется средняя квадратическая ошибка?
- 2) Что называют относительной ошибкой?
- 3) Что называют предельной ошибкой?
- 4) Как контролируют точность определяемой величины?

**Лекция №72. Оценка точности результатов измерений**

Точность результатов многократных измерений одной и той же величины оценивают в такой последовательности.

1. Находят вероятнейшее (наиболее точное для данных условий) значение измеренной величины по формуле арифметической середины  $x = [l]/n$ .

2. Вычисляют отклонения  $\delta_i = l_i - x$  каждого значения измеренной величины  $l_1, l_2, \dots, l_n$  от значения арифметической середины. Контроль, вычислений:  $[\delta]=0$ .

**Таблица 5.1**

№п/п	$l, м$	$\delta, см$	$\delta^2, см$	Вычисления
1	121,75	-1	1	$m = \sqrt{81/(6-1)}см = 4,0см$
2	121,81	+5	25	$M = 4,0/\sqrt{6}см = 1,6см$
3	121,77	-1-1	1	$m_l l = 1/3000$
4	121,70	-6	36	$M/l = 1/7600 \Delta_{пред} = 12см$
5	121,73	-3	9	
6	121,79	+3	9	
Среднее	121,76	-1	81	

3. По формуле Бесселя (5.3) вычисляют среднюю квадратическую ошибку одного измерения.

4. По формуле (5.4) вычисляют среднюю квадратическую ошибку арифметической середины.

Таблица 5.2

№ п/п	Время измерения, ч	$t_1, °C$	$t_2, °C$	$t_{cp} = (t_1 + t_2) / 2$	$d = t_1 - t_2$	$d_2$	Вычисления
1	0	12,4	12,6	12,5	-0,2	0,04	$m_l = \sqrt{0,57/20} °C = 0,17 °C$
2	2	11,7	12,0	11,8	-0,3	0,09	$M_{l_{cp}} = 0,5 \cdot \sqrt{0,57/10} °C =$
3	4	12,0	12,0	12,0	0	0	$= 0,12 °C$
4	6	15,1	14,7	14,9	+0,4	0,16	
5	8	16,0	15,8	15,9	+0,2	0,04	
6	10	20,5	20,6	20,6	-0,1	0,01	
7	12	24,9	25,2	25,0	-0,3	0,09	
8	14	25,2	25,2	25,2	0	0	
9	16	24,4	24,2	24,3	+0,2	0,04	
10	18	20,1	20,0	20,0	+0,1	0,01	
11	20	16,1	16,4	16,2	-0,3	0,09	
12	22	13,5	13,4	13,4	+0,1	0,01	
					-0,2	0,57	•

5. Если измеряют линейную величину, то подсчитывают относительную среднюю квадратическую ошибку каждого измерения и арифметической середины.

6. При необходимости подсчитывают предельную ошибку одного измерения, которая может служить допустимым значением ошибок аналогичных измерений.

Пример 1. Длина линии местности измерена шесть раз. Требуется определить вероятнейшее значение длины линии и оценить точность выполненных измерений. Результаты измерений и вычислений записывают по форме, приведенной в табл. 1.

Оценку точности по разностям двойных измерений производят в такой последовательности. 1. Вычисляют среднее значение из двойных измерений. 2. Вычисляют разности  $d$  двойных измерений. 3. По формуле (S.S) вычисляют среднюю квадратическую ошибку одного измерения. 4. По формуле (S.6) вычисляют среднюю квадратическую ошибку среднего результата из двух измерений.

Пример 2. На метеостанции температура воздуха измерялась в разное время суток двумя одинаковыми термометрами.

Требуется определить среднюю квадратическую ошибку измерения температуры воздуха одним термометром и среднего значения из одновременных измерений двумя термометрами. Значения измеренных температур воздуха и оценку точности измерений записывают по форме, приведенной в табл. 5.2.

### Ошибка функции измеренных величин

В практике геодезических работ часто возникает необходимость найти среднюю квадратическую ошибку функции, если известны средние квадратические ошибки ее аргументов, и наоборот.

Рассмотрим функцию общего вида  $F=f(x, y, z, \dots, u)$ , где  $x, y, z, \dots, u$  — независимые аргументы, полученные из наблюдений или проектного расчета со средними квадратическими ошибками  $m_x, m_y, m_z, \dots, m_u$  соответственно.

Из теории ошибок измерений известно, что средняя квадратическая ошибка функции независимых аргументов равна корню квадратному из суммы квадратов произведений частных производных функций по каждому из аргументов на средние квадратические ошибки соответствующих аргументов, т. е.

$$m_F = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 m_y^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)^2 m_z^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial u}\right)^2 m_u^2}$$

Если функция имеет вид

$$y = x_1 \pm x_2 \pm \dots \pm x_n = \sum_{i=1}^n x_i$$

то

$$m_y^2 = m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2 + \dots + m_{x_n}^2 = \sum_{i=1}^n m_{x_i}^2$$

При  $m_{x_1} = m_{x_2} = \dots = m_{x_n} = m_x$  формула (5.9) примет вид

$$m_y = m_x \sqrt{n}$$

Для функции вида

$$u = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n = \sum_{i=1}^n c_i x_i$$

выражение для ошибок этой функции будет

$$m_u^2 = c_1^2 m_{x_1}^2 + c_2^2 m_{x_2}^2 + \dots + c_n^2 m_{x_n}^2 = \sum_{i=1}^n c_i^2 m_{x_i}^2$$

Пример Измерены длина дачного участка  $a = 30,00$  м со средней квадратической ошибкой 2 см и его ширина  $b = 20,00$  м с той же средней квадратической ошибкой. Требуется найти среднюю квадратическую ошибку площади участка.

Решение.

Функция имеет вид

$$P = a \cdot b$$

$$m_P^2 = \left(\frac{\partial P}{\partial a}\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial b}\right)^2 m_b^2$$

Так как  $\frac{\partial P}{\partial a} = b$ ,  $\frac{\partial P}{\partial b} = a$ ,  $m_a = m_b = m_{a,b}$ , то

$$m_p = m_{a,b} \sqrt{b^2 + a^2}$$

$$m_p = 0,02 \sqrt{20^2 + 30^2} = 0,72 \text{ м}^2$$

### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

### Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

### Контрольные вопросы:

- 1) Какой последовательности оценивают точность результатов многократных измерений одной и той же величины?
- 2) Как вычисляется по формуле Бесселя среднюю квадратическую ошибку одного измерения?
- 3) По какой формуле вычисляют среднюю квадратическую ошибку арифметической середины?
- 4) Ошибка функции измеренных величин

### Лекция №73. Неравноточные измерения

Неравноточными называют такие измерения  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ , которые выполнены соответственно с разными средними квадратическими ошибками  $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ , за счет разного количества приемов, использования приборов различной точности, разных условий и т.п.

Для определения в этом случае в качестве общего результата арифметической середины пользуются формулой

$$x_o = \frac{l_1 P_1 + l_2 P_2 + l_3 P_3 + \dots + l_n P_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

где  $P_i$  — вспомогательные числа, называемые весами измерений, определяющими степень доверия к их результатам. Веса вычисляют по формуле

$$P_i = \frac{\mu^2}{m_i^2}$$

где  $\mu$  — безмерный коэффициент.

Понятие веса применимо и для любой функции  $F$  измеренных величин. Вес  $P_F$  функции  $F$  при известной ее средней квадратической ошибке  $m_F$  вычисляют по формуле

$$P_F = \frac{\mu^2}{m_F^2}$$

Величину  $\mu$  называют «ошибкой единицы веса», так как при  $P_i = 1$  численно  $\mu = m_i$ .

Из (5.15)

$$m_F = \frac{\mu}{\sqrt{P_F}}$$

$$\mu = m_F \sqrt{P_F}$$

Величину обратного веса называют обратным весом и обычно обозначают буквой  $q$  для веса измерения и  $Q$  — для веса функции.

Используя формулы (5.13) — (5.17), в практике проектирования геодезических измерений и их обработки решают две основные задачи:

- 1) установление весов неравноточных или разнородных измерений с целью совместной обработ-

ки их результатов;

2) определение веса функции неравноточных измерений аргументов для получения средней квадратической ошибки функции и наоборот.

#### **Основная литература**

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

1) Какие измерения называются неравноточными?

2) Что называется «весом измерений»?

3) Что означает величина  $\mu$ ?

4) Что означает величина  $q$ ?

## МОДУЛЬ 6

### Тема 13. Специальные геодезические работы

#### Лекция №74. Общие сведения о геодезических работах по перенесению проекта в натуру

Перенесение проекта объекта в натуру заключается в проложении и закреплении на местности границ участков, спроектированных на плане. Технически перенесение проекта в натуру состоит в решении задачи, обратной съемке, т.е. в указании и закреплении на местности точек и линий, взятых с плана.

Для перенесения проекта в натуру выбирают наиболее простые методы, требующие меньших затрат времени и рабочей силы на производство и обеспечивающие точность, удовлетворяющую экономическим и техническим требованиям проекта.

Наиболее распространенным видом геодезической разбивочной основы являются полигонометрические и теодолитные ходы, а способом перенесения в натуру – полярный способ.

Перенесение проекта в натуру может производиться следующими методами:

методом промеров – мерным прибором;

угломерным методом – теодолитом с мерным прибором или тахеометром;

графическим методом – мензулой.

Для перенесения проекта в натуру производят подготовительные работы, которые состоят из:

- осмотра местности;
- установления методов перенесения проекта в натуру;
- сгущения основы для перенесения проекта;
- определение величин линий и углов для перенесения проекта, их отображения на плане;
- составление рабочего (разбивочного) чертежа перенесения проекта.

От перенесения проекта в натуру зависит точность расположения на местности граничных точек объекта: отклонения от параллельности или перпендикулярности сторон, от площадей и т.д.

Применяются различные методы перенесения проекта в натуру. Целесообразность применения того или иного метода зависит от ряда условий: технических требований к параллельности и перпендикулярности сторон проектируемого объекта; способа проектирования, применяемого при составлении проекта; топографических условий местности; вида планово-топографического материала, использованного для проектирования и т.д. В силу этих условий перенесение проекта в натуру может быть произведено различными методами в пределах одного объекта.

Перенесению стальной лентой (без применения теодолита) отдается предпочтение как наиболее простому методу, особенно если местность ровная, открытая и концы проектных линий опираются на теодолитные ходы.

Перенесение проекта в натуру теодолитом и лентой производится если местность закрыта; опорой для перенесения проекта в натуру служат проложенные теодолитные ходы; проектные границы – ломанные линии, и для их проложения требуется строить углы; точки ситуации не могут служить надежной опорой для перенесения проекта в натуру, и возникает необходимость определять положение точек построением углов и промеров линий; местность всхолмленная, затрудняющая вешение линий на большие расстояния.

#### Основная литература

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### Контрольные вопросы:

1) Указать задачи, решаемые при перенесении проекта в натуру.

2) В чем заключаются подготовительные работы при перенесении проекта в натуру?

- 3) Перечислить методы переноса проекта в натуру.
- 4) Какие приборы используются при перенесении проекта в натуру угломерным методом?
- 5) Какие приборы используются при перенесении проекта в натуру графическим методом?

**Лекция №75. Подготовка геодезических данных. Составление разбивочного чертежа для перенесения в натуру границ объекта**

Подготовка геодезических данных состоит в определении по плану направления и расстояния от известных опорных точек до проектных точек.

В качестве пунктов геодезической основы берутся точки проектного теодолитного хода, проложенного на карте и опирающегося на два исходных пункта.

Геодезические данные для проложения проектного теодолитного хода определяют графическим способом. Углы измеряют геодезическим транспортиром, линии измерителем. Направление линии можно определять транспортиром по плану, если длина ее на плане не превышает 6 см, иначе направление вычисляют по координатам ее концов.

Измеренные углы увязывают между исходными дирекционными углами.

Дирекционный угол исходного направления вычисляется по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_{ik} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

При перенесении проекта в натуру теодолитом и стальной лентой углы и длины линий вычисляют по координатам вершин, полученных с плана графически. Независимо от того, как получены данные для перенесения проекта в натуру, они должны быть проконтролированы по плану измерителем, масштабной линейкой и транспортиром.

Для перенесения проектов в натуру важно точно взять с плана геодезические данные так, чтобы они обеспечили получение на местности запроектированных площадей.

Составляют графический чертеж теодолитного хода (рис. 1)

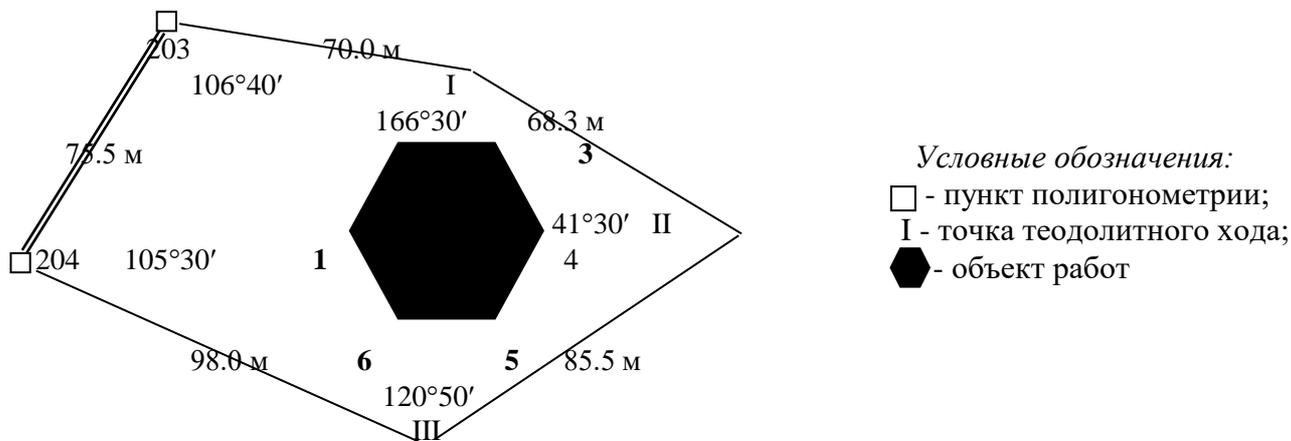


Рис. 1 Графический чертеж теодолитного хода

Составление разбивочного чертежа для перенесения в натуру границ объекта. От точек теодолитного хода на плане определяют величины углов и линий необходимых для выноса в натуру поворотных точек участка (объекта).

Схематически на листе бумаги составляется разбивочный рабочий чертеж. На рабочий чертеж наносят проектные границы, величины углов и длин линий, которые нужно построить и проложить в натуре, контуры ситуации, облегчающие нахождение в натуре точек опоры или служащие опорой для перенесения проекта (рис.2)

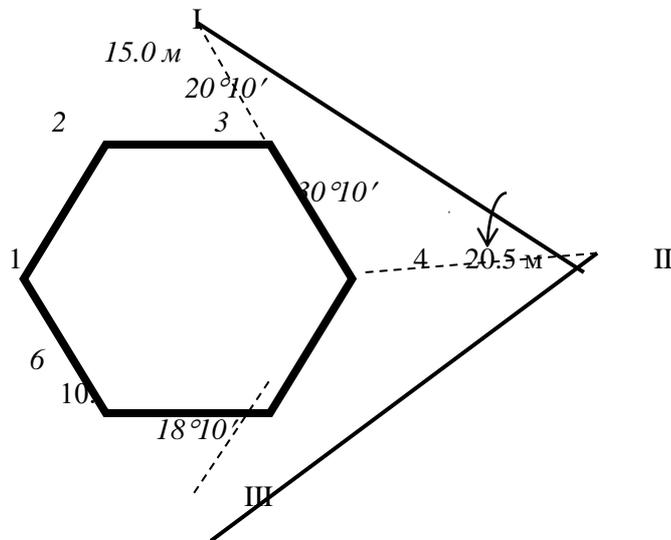


Рис.2 Разбивочный чертеж

### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

### Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

### Контрольные вопросы:

- 1) Что понимают под выносом проекта в натуру?
- 2) Какие разбивочные элементы надо знать для перенесения проекта в натуру?
- 3) В чем состоит идея решения обратной геодезической задачи на координаты?
- 4) Как по значениям дирекционных углов соответствующих линий (выходящих из общей точки) вычислить угол между ними?
- 5) Какие элементы разбивки указываются на разбивочном чертеже?

### Лекция №76. Вынос в натуру проектных углов и длин линий

*Построение проектного угла.* Вынос в натуру горизонтальных углов является одним из элементов геодезических разбивочных работ. Эта задача существенно отличается от измерения горизонтального угла на местности.

Она состоит в том, чтобы от имеющегося в натуре исходного направления в данной точке отложить заданный угол и полученное направление закрепить постоянным или временным знаком. Для этого теодолит центрируют и горизонтируют над вершиной угла С. По направлению СА вплотную за кольшком на точке А устанавливают визирный знак. При расстоянии до 80 м лучше использовать шпильку мерной ленты или большой гвоздь. На шпильку или гвоздь следует наколоть листок цветной бумаги, что упростит приближенное наведение зрительной трубы на точку. При установке визирного знака следить за его вертикальным положением в створе стороны СА.

Визируют на знак в точке А. При наведении пользуются биссектором вертикальной сетки нитей, а наведение осуществляют на низ визирного знака. Далее по горизонтальному кругу берут отсчет.

Допустим, что эти операции произведены при круге лево и получен отсчет  $al$ . По формуле  $bl = al + \beta$  вычисляют проектный отсчет и при закрепленном лимбе поворотом алидады устанавливают этот отсчет на лимбе.

Исполнитель смотрит в зрительную трубу, а рабочий, находящийся вблизи точки В, по команде исполнителя перемещает визирный знак перпендикулярно к визирному лучу до тех пор, пока изобра-

жение знака не совместится с серединой биссектора. Полученную точку Вл закрепляют временным знаком (гвоздем, шпилькой и т.п.).

Для исключения коллимационной погрешности теодолита аналогичные операции повторяют при другом положении вертикального круга и получают вторую точку – Вп.

За окончательное положение точки В принимают середину отрезка ВлВп. С этой целью приблизительно в середине отрезка в землю забивают кольшечек. Между точками Вл и Вп укладывают линейку с миллиметровыми делениями и на верхней поверхности кольшечка намечают середину отрезка. В полученной точке карандашом наносят метку и производят контрольное измерение построенного угла.

Контрольное измерение производят одним полным приемом с записью результатов в журнале измерения горизонтальных углов и вычислением разности  $\Delta\beta_k$  между измеренным  $\beta_k$  и проектным  $\beta$  значениями угла. Величина разности не должна превышать значения удвоенной точности отсчета  $t$ , т.е.  $|\Delta\beta_k| \leq 2t$ .

Если это условие выполняется, то полученную точку В закрепляют на кольшечке небольшим гвоздем. Если условие нарушено, то построение повторяют.

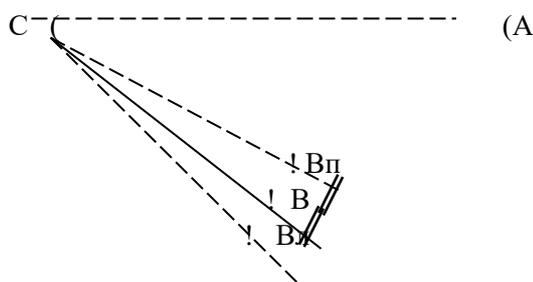


Рис. 1 Схема построения проектного угла

Построение углов с точностью 30-45" можно производить теодолитами типа 2Т30 одним приемом, центрируя прибор над исходной точкой отвесом и фиксируя выносимую точку шпилькой или гвоздем, забиваемым в деревянный кол.

*Построение проектного отрезка.* При построении линии на местности в заданном створе (рис. 2) задают начало отрезка – точку А и его направление АС. Требуется на местности найти такую точку В, чтобы горизонтальное проложение АВ имело проектное значение  $d$ .

Построение проектного отрезка с относительной погрешностью 1:2000 начинают с определения температуры мерного прибора, наклона линии или превышения между ее концами.

Как и при линейных измерениях, за температуру мерного прибора принимают температуру воздуха, которую определяют с погрешностью 3-4°; при разности температур компарирования и измерений менее 8° поправку не учитывают. Поправку  $\delta Dt$  вычисляют по формуле

$$\delta Dt = \alpha(t - t_0)D,$$

где  $\alpha = 12 \times 10^{-6}$  – коэффициент линейного расширения материала мерного прибора (стали);  $t_0$  – температура компарирования прибора.

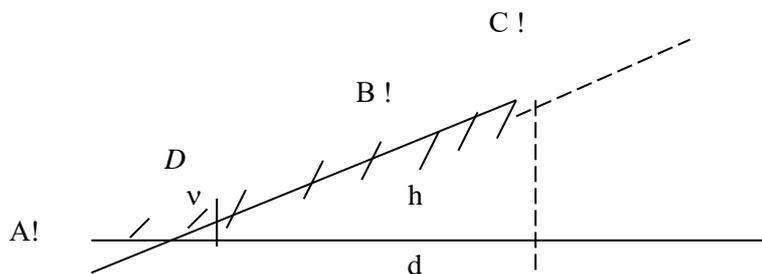


Рис.2 Схема построения проектного отрезка

Для определения углов наклона линии используют теодолит или эклиметр. При углах наклона менее 1.5° поправку не учитывают. Превышения определяют с погрешностями 10-15 мм на 100 м расстояния. Поправку  $\delta Dv$  за наклон вычисляют по формуле

$$\delta Dv = -2D \sin^2(v/2)$$

Поправку  $\delta Dh$  вычисляют по формуле

$$\delta Dh = -(h^2/2D)$$

Поправку за компарирование  $\delta D_k$  определяют по формуле

$$\delta D_k = \delta l_k (D/l_0)$$

Длину отрезка  $D$  на местности вычисляют по формуле

$$D = d - \delta D_k - \delta D_t - \delta D_v/$$

При построении проектного отрезка мерный прибор последовательно укладывают по створу линии АС целое число раз, а затем откладывают отрезок  $g$ .

Для контроля построений отрезок АВ измеряют в обратном направлении. Результат контрольного измерения не должен отличаться от  $D$  более чем на  $D/2000$ . Если условие выполнено, то точку В закрепляют постоянным знаком.

При переносе в натуру объектов планировки и застройки проектные отрезки обычно не превышают длины мерного прибора. В этих условиях полотно мерного прибора располагают горизонтально, поправку за наклон не учитывают, а проектный отсчет проецируют с рулетки на землю отвесом.

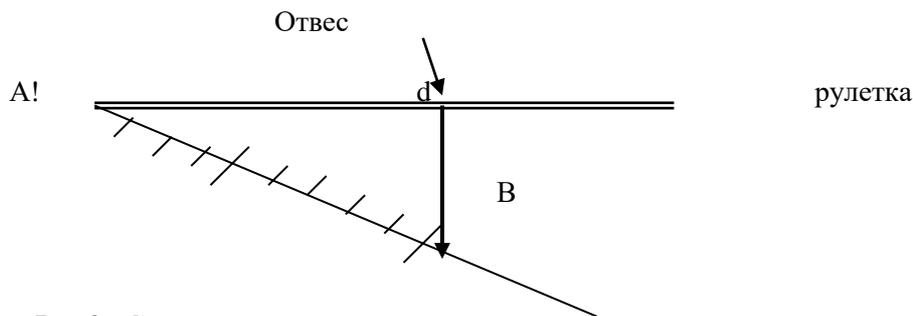


Рис.3 Схема построения проектного отрезка с помощью рулетки и отвеса

#### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### Контрольные вопросы:

- 1) Как построить проектную величину горизонтального угла?
- 2) Как построить проектную величину горизонтального отрезка прямой линии?
- 3) Какой прибор используется при построении проектного горизонтального угла?
- 4) Что используется при построении горизонтального отрезка прямой линии?
- 5) Указать формулу поправки за наклон линии.

#### Лекция № 77. Вынос точки с заданной отметкой. Вынос в натуру линий с заданным уклоном.

*Вынос в натуру проектных отметок точек.* В условиях строительной площадки эта задача возникает при выносе отметок «строительного нуля», стен опалубки при бетонных работах, дна вырытых траншей и котлованов, на вышележащие горизонты и т.д. При этом в натуре определяют точку, отметка которой равна проектной методами геометрического, тригонометрического и гидростатического нивелирования.

Рассмотрим наиболее встречающийся случай выноса точки в натуру геометрическим нивелированием. Проектную отметку, т.е. высоту точки над исходной уровенной поверхностью, определяют относительно ближайших реперов. Например, нивелир ставят посередине между реперами Рп. А (рис. 4), отметка которого  $H_A$  и точкой, где необходимо вынести проектную отметку  $H_n$ . По рейке, поставленной на репер, берут отсчет  $a$  и вычисляют горизонт инструмента

$$H_i = H_A + a,$$

А также отсчет  $b$ , при котором пятка рейки будет находиться на проектной отметке:

$$b = H_i - H_{п}$$

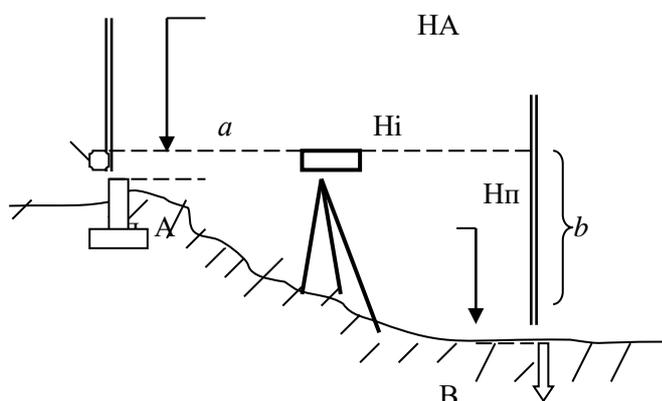
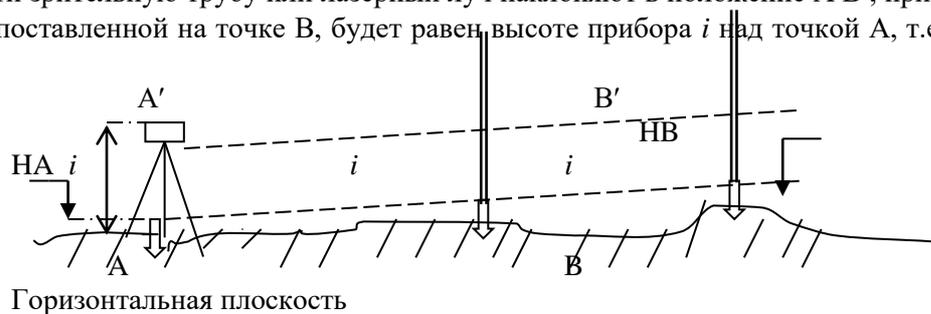


Рис.4 Вынос в натуру отметки

Затем постепенно забивают колышек В, периодически ставят на него рейку, добиваясь по ней вычисленного отсчета  $b$ , при котором верх колышка будет вынесен на отметку  $H_{п}$ . Проектную отметку нередко обозначают на поверхности стены или колонны рискуй, прочерченной относительно пятки рейки, которая выставлена на отсчет  $b$  относительно средней нити нивелира.

Для контроля отмеченные точки нивелируют относительно второго репера. Расхождение отметок допускается 3-5 мм, а отклонение полученной отметки от проектной не должно превышать соответствующего строительного допуска.

**Построение линии заданного уклона.** Многим сооружениям придается проектный уклон на заданных отметках. Для построения прямого наклонного отрезка (рис.5) его точки А и В выносят на проектные отметки  $H_A$  и  $H_B$  относительно ближайших реперов. Затем нивелир с уровнем, теодолит или лазерный прибор ставят над точкой А так, чтобы один из подъемных винтов подставки прибора был направлен в сторону точки В. При помощи этого винта либо винта, вращающего в вертикальной плоскости зрительную трубу или лазерный луч наклоняют в положение  $A'B'$ , при котором отсчет  $i$  по рейке, поставленной на точке В, будет равен высоте прибора  $i$  над точкой А, т.е.  $A'B'$  будет параллельна АВ.



Горизонтальная плоскость

Рис.5 Разбивка линии заданного уклона

Над промежуточными точками створа АВ перемещают отвесно рейку, добиваясь отсчета  $i$  по ее черной стороне. При этом пятка рейки будет находиться на прямой АВ, а промежуточные точки можно обозначить верхним торцом соответствующих колышков.

Точность этого способа зависит от точности выноса точек А и в и от погрешностей фиксирования высоты колышками (3-5 мм) или шурупами (0.5 – 1 мм).

#### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

### Контрольные вопросы:

- 1) Как вынести проектную отметку?
- 2) Как вынести отрезок наклонной прямой?
- 3) Относительно чего выполняется вынос проектной отметки?
- 4) Что такое горизонт инструмента?
- 5) Как определяется отсчет по рейке, при котором пятка рейки будет находиться на проектной отметке?

### Лекция №78. Перенесение с проекта в натуру точек. Способы построения в натуре проектных точек.

Точки красных линий, границ землепользований, проектируемых зданий и – так называемые проектные точки, переносят в натуру различными способами, являющимися сочетаниями элементов разбивочных работ. Выбор способа построения проектных точек зависит от вида геодезической основы.

*Полярный способ.* С пункта А (рис.6 ) геодезической основы проектная точка С определяется в натуре путем построения теодолитом проектного угла  $\beta$  и мерным прибором проектного расстояния  $d$ .

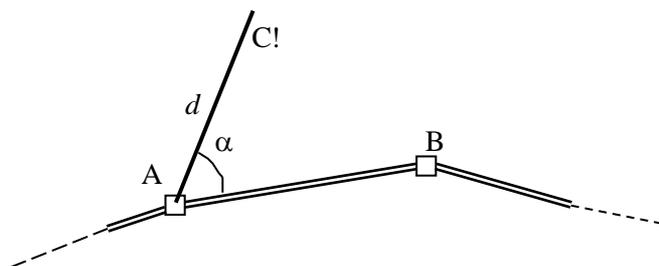


Рис.6 Полярный способ построения проектных точек

*Способ прямоугольных координат.* Этим способом проектные точки переносят в натуру от пунктов геодезической основы в виде строительной сетки (рис.7 ). От пункта 3А/4Б строительной сетки по стороне 3А/4Б– 3А/5Б откладывают проектное расстояние  $d1$  до основания Р перпендикуляра. Теодолитом строят прямой угол, откладывают проектную длину  $d2$  перпендикуляра и фиксируют точку С.

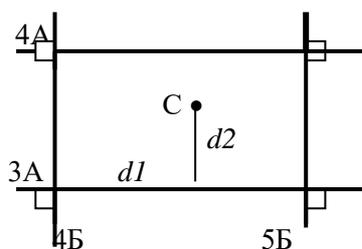


Рис. 7 Построение проектной точки способом прямоугольных координат

Для повышения точности построения точки С необходимо, чтобы линия , откладываемая по стороне сетки  $d1$ , была больше перпендикуляра  $d2$  .

*Способ угловой засечки.* Этот способ применяют в основном при разбивке мостовых переходов и гидротехнических сооружений с пунктов мостовой триангуляции. Положение проектной точки С (рис.8 ) определяется построением в пунктах триангуляции А и В проектных углов и  $\beta2$ . Точкой С является точка пересечения направлений ВС и АС.

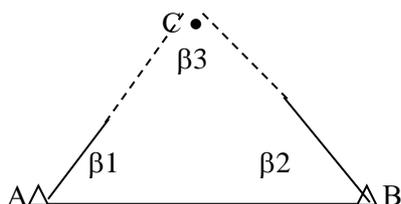


Рис.8 Построение проектных точек способом угловой засечки

*Способ линейной засечки.* Этот способ целесообразно применять при достаточной густоте пунктов геодезической основы и в тех случаях, когда расстояния от переносимой в натуру точки до пунктов не превышает длины мерного прибора. Положение точки С (рис.9 ) определяется пересечением проектных отрезков, отложенных от пунктов А и В геодезической основы.

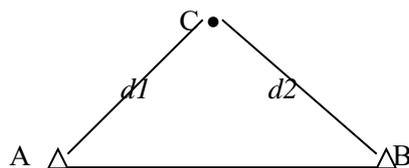


Рис. 9 Построение проектной точки способом линейной засечки

*Створная засечка.* Положение проектной точки С (рис. 10 ) в натуре определяется пересечением двух створов, получаемых одновременно двумя теодолитами, установленными в пунктах геодезической основы. При расстоянии между створными точками порядка 20-30 метров практикуют получение створов монтажными проволоками (струнами), натягиваемыми между створными точками.

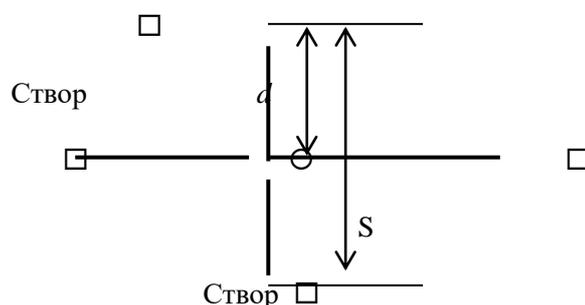


Рис. 10 Построение проектной точки способом створной засечки

### Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

### Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

### Контрольные вопросы:

- 1) Суть способа створной засечки?
- 2) Суть способа линейной засечки?
- 3) Суть способа угловой засечки?
- 4) Суть способа прямоугольных координат?
- 5) Суть полярного способа?

### Лекция №79. Общее понятие о земельном кадастре

Кадастр определяется как «систематизированный свод сведений, составляемый периодически или путем непрерывных наблюдений над соответствующим объектом». Таким объектом в земельном кадастре является земля, и все что находится на ней, над ней и под ней. Существуют различные формулировки и толкования понятия «земельный кадастр». Юридически же в нашей стране оно определено соответствующим постановлением Правительства Российской Федерации «как государственная

система необходимых сведений и документов о правовом режиме земель, их распределении по собственникам земли, землевладельцам, землепользователям и арендаторам, категориям земель, о качественной характеристике и народнохозяйственной ценности земель». Из этого определения вытекают задачи и содержание земельного кадастра.

Государственный земельный кадастр ведется в целях:

- своевременного обеспечения органов государственной власти и управления, предприятий, организаций, учреждений и физических лиц достоверной информацией о земельных ресурсах территории;
- обеспечения учета, рационального использования и охраны земель;
- защиты прав землевладельцев, землепользователей, арендаторов;
- создания основы для установления нормативной цены земли, земельного налога и арендной платы;
- сохранения границ исторических землевладений, объектов историко-культурного наследия.

Объектом государственного земельного кадастра являются все земли территории независимо от форм собственности, целевого назначения и характера их использования.

Ведение государственного земельного кадастра включает в себя: сбор, учет, обработку и анализ земельно-кадастровой информации, ее хранение, разработку рекомендаций по изменению характера правового состояния земель и выдачу информации пользователям.

Базовой единицей в кадастре является участок. Участок ограничивается площадью с определенным видом использования земли, либо площадью, которая находится в руках одного или нескольких лиц. Владение может состоять из нескольких участков.

В кадастре о каждом участке записана информация о его местоположении, площади, стоимости, наличии объектов недвижимости (дома, строения, коммуникации, дороги и т.п.), экологической среде, кому этот участок принадлежит или сдан в аренду и другие сведения природного, общественного и юридического характера.

Информация, содержащаяся в кадастре, используется при проведении государственной земельной политики в таких вопросах, как, например, перераспределение земель, их объединение, отвод и продажа, поддержание земельного рынка и т.п. Кадастровая информация служит также для целей налогообложения.

Кадастр может различаться по своему назначению: городской, лесной, водный и т.п. Особенно сложным и значительным по удержанию и объему информации является городской кадастр. Для городов характерна высокая концентрация материальных ресурсов, сложная социальная и экологическая обстановка с быстротечным изменением ее во времени, разнообразность решаемых на городских землях задач.

Кадастровая информация может быть представлена в виде книги, картотеки или автоматизированной (компьютерной) базы данных.

Исторические корни возникновения кадастра уходят в глубокую древность. Так, первые сведения о кадастровых работах, проводимых в Древнем Египте с целью учета земель с указанием границ площадей участков, относятся к 3000 году до н.э. Сам термин «кадастр» происходит со времен римского правителя Августа (27-14 гг. до н.э.), когда была утверждена единица учета сбора дани (налога) на землю и введена перепись населения. В настоящее время кадастр ведется во всех странах мира.

В Российской Федерации ведение кадастра законодательно поручено Государственной организации по земельным ресурсам и землеустройству и ее подразделениям при местных органах государственной власти.

#### **Основная литература**

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

#### **Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Дайте формулировку понятия «земельный кадастр»

- 2) В каких целях ведется государственный земельный кадастр?
- 3) Что является объектом государственного земельного кадастра?
- 4) Что включает в себя ведение государственного земельного кадастра?
- 5) Какая информация записывается о кадастре?

### **Лекция №80. Состав геодезических работ для кадастра**

Геодезические работы занимают в кадастре значительное место. Их состав зависит от назначения кадастра и степени его автоматизации. Однако в большинстве случаев работа ведется по следующей схеме.

1. *Подготовительные работы.* В процессе подготовительных работ собирают и анализируют следующие материалы: • проект землеустройства; • постановление административного органа об отводе земельного участка; • договора о купле-продаже или аренда земельного участка; • выписки из книги регистрации земельного участка; • чертеж границ или топографический план земельного участка; • схемы и списки координат пунктов государственной или местной геодезических сетей; • сведения об использовании земель.

2. *Полевое обследование пунктов опорной геодезической сети.* Выполняют с целью проверки сохранности пунктов и выбора наиболее выгодной технологии проведения геодезических работ.

3. *Составление технического проекта.* Геодезические работы выполняют по заранее составленному техническому проекту, который включает: текстовую часть, графические материалы и смету затрат.

4. *Кадастровые съемки.* В зависимости от назначения кадастра производят в тех же масштабах, теми же способами и с той точностью что и топографические. Базовым является масштаб 1:500, наиболее широко используемым — 1:2000, обзорно-справочным — 1:10000 и мельче.

На кадастровых картах и планах дополнительно изображают границы земельных участков, владений, сельскохозяйственных и других земельных угодий; кадастровые номера и наименований земельных участков; дают экспликацию (описание) категорий использования земель и других кадастровых сведений. Кадастровые карты и планы могут не содержать информацию о рельефе местности.

5. *Установление и согласование границ земельных участков местности.* Границы земельных участков выносят на местность по координатам характерных точек от пунктов геодезического обоснования и закрепляют специальными межевыми знаками. В случае, когда границы каким-то образом закреплены ранее, определяют координаты закрепленных точек.

Согласование установленных границ производят в присутствии представителя Государственной власти, владельцев или пользователей участка и участков, смежных с ним.

6. *Определение площадей земельных участков.* Площади земельных участков вычисляют в основном аналитическим методом по координатам межевых знаков. В отдельных случаях используют картографические материалы.

7. *Составление чертежей границ земельных участков.* Чертежи границ земельных участков составляют в масштабе основного кадастрового плана (или крупнее) по результатам установления на местности и согласования границ.

8. *Контроль и регистрация результатов кадастровых работ.* Результаты кадастровых работ подлежат обязательному полевому контролю, так как в процессе его выполнения устраняются возможные ошибки и несогласованности, возникшие в: процессе съемок. Кроме того, контролируют соблюдение требований технического задания и соответствующих инструкций на производство топографо-геодезических работ.

Полученная в результате работ информация переносится в специальные реестры и отображается на кадастровых картах или планах.

9. *Кадастровые съемки. Ведение базы данных.* Для систематизации и управления большими объемами текстовой и графической кадастровой информации создается и ведется база данных. Ее наличие предусматривает не только хранение информации, но и оперативную выдачу ее потребителю.

Кроме указанных работ геодезист участвует в планировании землепользования, оценке состояния и стоимости земель, в разрешении возникающих споров.

### **Основная литература**

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

### **Дополнительная литература**

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

**Контрольные вопросы:**

- 1) От чего зависит состав геодезических работ для кадастра?
- 2) По какой схеме ведутся геодезические работы в большинстве случаев?
- 3) Что включает в себя подготовительные работы?
- 4) Какие масштабы используются в кадастровых съемках?