



## *6. Топографическая съёмка*



- 1. Виды съемок и их классификация
- 2. Геодезическое съемочное обоснование
- 3. Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа
- 4. Горизонтальная съемка
- 5. Теодолитная съемка
- 6. Тахеометрическая съемка
- 7. Нивелирование
- 8. Мензуральная съемка
- 9. Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС/GPS
- 10. Организация топографо-геодезических работ

# 1. Виды съемок и их классификация

- Совокупность действий, выполняемых на местности для получения плана, карты или профиля, называется **съемкой**.

Геодезические  
измерения

Линейные

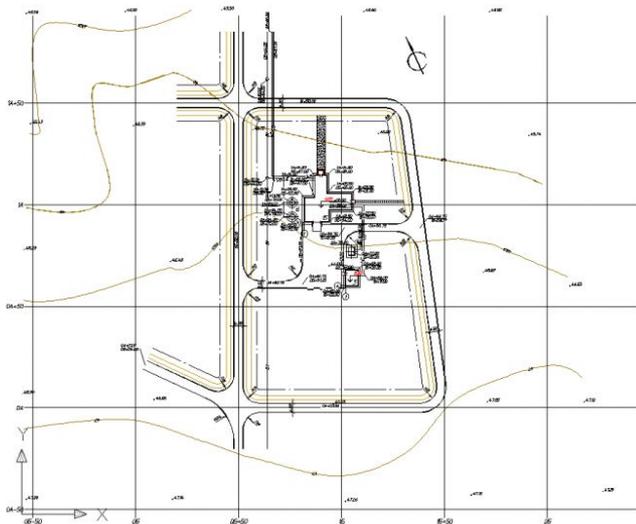
Угловые  
(горизонтальные и  
вертикальные  
углы)

Высотные  
(нивелирование)

## Виды съемок и их классификация



- Если съемка проводится для получения плана с изображением только ситуации, то ее называют **горизонтальной (плановой), или контурной**.



- Съемка, в результате которой 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**.

# Виды съемок и их классификация

## Виды съемок

```
graph TD; A[Виды съемок] --- B[Теодолитная съемка]; A --- C[Тахеометрическая съемка]; A --- D[Нивелирование]; A --- E[Мензульная съемка]; A --- F[Наземная стереофотограмметрическая съемка]; A --- G[Аэро и космическая фотосъемки];
```

Теодолитная съемка

Тахеометрическая съемка

Нивелирование

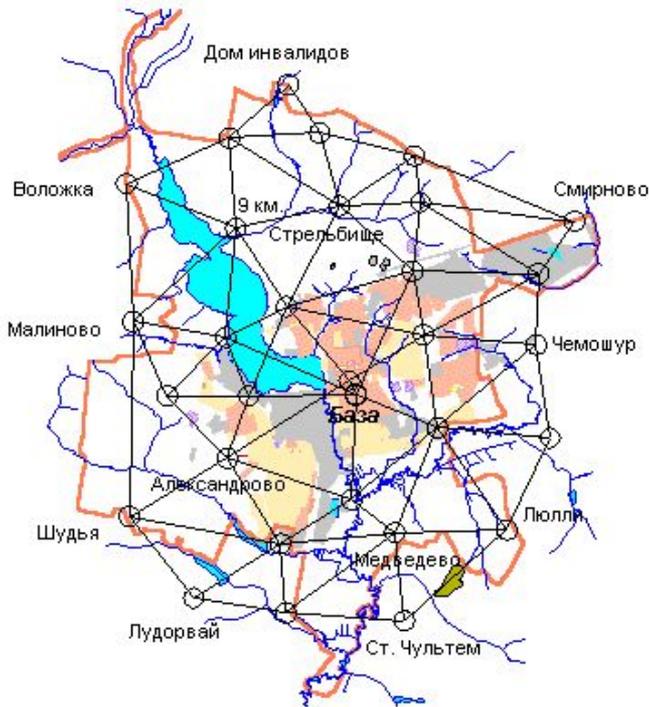
Мензульная съемка

Наземная стереофотограмметрическая съемка

Аэро и космическая фотосъемки

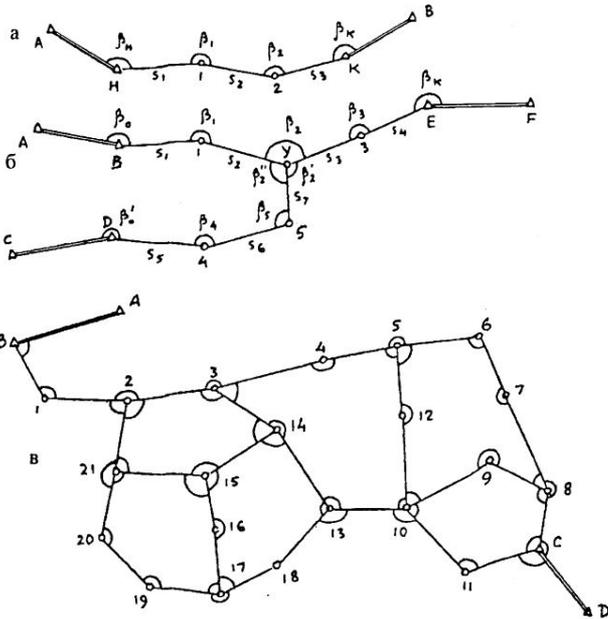
## 2. Геодезическое съёмочное обоснование

- Геодезическое съёмочное обоснование создается с целью сгущения (т.е. для дальнейшего увеличения числа геодезических пунктов, приходящихся на единицу площади) геодезической плановой и высотной основы до плотности, обеспечивающей выполнение крупномасштабной топографической съёмки (1:5000 – 1:500).
- Съёмочное обоснование развивается от пунктов главной геодезической сети и сетей сгущения в виде теодолитных, тахеометрических ходов и микротриангуляции. Высоты точек съёмочных сетей определяются геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

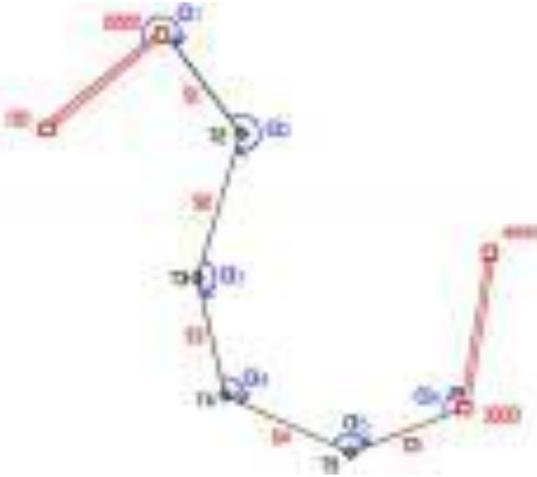


# Геодезическое съёмочное обоснование

- **Теодолитным ходом** называют замкнутый или разомкнутый многоугольник, в котором измерены все стороны и углы. Стороны теодолитного хода измеряют светодальномером, мерной лентой (рулеткой) или дальномером двойного изображения. Горизонтальные углы – шкаловыми теодолитами.
- По измеренным сторонам и углам после их соответствующей обработки получают координаты точек хода, т.е. теодолитный ход создает дополнительные пункты с известными координатами.



# Геодезическое съёмочное обоснование



- **Тахеометрический ход** – это также замкнутый или разомкнутый многоугольник, в котором измерены все стороны, горизонтальные и вертикальные углы. Стороны тахеометрического хода измеряются любым дальномером (в том числе и нитяным), вертикальные и горизонтальные углы – любым техническим теодолитом или тахеометром.
- В результате проложения тахеометрического хода получают дополнительные точки с известными координатами и высотами.

## Геодезическое съёмочное обоснование

- Теодолитный ход определяет положение точек только в плане, а тахеометрический ход – в плане, и по высоте.
- Стороны ходов желательно делать примерно равными. Средняя длина сторон тахеометрического и теодолитного хода 200-250 м, минимальная - не менее 40 м. При измерении длин светодальномером стороны могут быть увеличены до 500 м.
- Теодолитные и тахеометрические ходы служат геодезической основой теодолитной и топографических съёмок.
- Координаты пунктов теодолитных и тахеометрических ходов вычисляются в общегосударственной системе координат и высот. С этой целью теодолитные и тахеометрические ходы привязывают к пунктам государственной сети.

### *3. Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа*



- Масштаб съемки и высота сечения рельефа определяют содержание и точность нанесения ситуации и рельефа на топографическом плане или карте.
- С увеличением масштаба топографической съемки и уменьшением высоты сечения рельефа повышается точность планов и карт и подробность изображения на них ситуации и рельефа местности. Точность полевых измерений при съемке должна соответствовать точности масштаба, в котором будет составляться план. Поэтому чем точнее и детальнее требуется получить данные с плана при проектных расчетах, тем точнее следует производить съемочные работы и тем крупнее должен быть масштаб плана.

# Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа

- Основным условием правильного выбора масштаба съемки и высоты сечения рельефа является соответствие между точностью плана или карты и требуемой точностью проектирования и перенесения проекта в натуру.
- Под *точностью топографического плана (карты)* понимают допустимые средние либо предельные погрешности в положении контуров, предметов местности и высот точек по отношению к плановому и высотному обоснованию.

## Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа

Средние погрешности и положения на плане точек ситуации относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать:

- предметов и контуров с четкими очертаниями – 0,5 мм; в горных и залесенных районах – 0,7 мм;
- на территориях с капитальной и многоэтажной застройкой предельные погрешности во взаимном положении на плане точек ближайших контуров не должны превышать 0,4 мм.

# Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа

Средние погрешности съемки рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования не должны превышать по высоте:

- $1/4$  принятой высоты сечения рельефа при углах наклона до  $2^\circ$ ;
- $1/3h$  при углах наклона от  $2$  до  $6^\circ$  для планов масштабов  $1:5000$ ,  $1:2000$  и до  $10^\circ$  для планов масштабов  $1:1000$  и  $1:500$ ;
- $1/3h$  при сечении рельефа через  $0,5$  м на планах масштабов  $1:5000$  и  $1:2000$ .

В залесенной местности эти допуски увеличиваются в  $1,5$  раза.

## Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа

- Число горизонталей на картах и планах в районах с углами наклона свыше  $6^\circ$  для планов масштабов 1:5000 и свыше  $10^\circ$  для планов масштабов 1:1000 и 1:500 должно соответствовать разности высот, определенных на перегибах скатов, а средние погрешности высот характерных точек рельефа не должны превышать  $1/3$  принятой высоты сечения рельефа.

# Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа

- Факторы, влияющие на выбор масштаба съемки, делятся на производственные, природные, технические и экономические.
- Для обоснования выбора масштаба топографической съемки при составлении кадастрового плана и др. и отражения в нем достоверных данных количественного учета земель используется критерий допустимой погрешности определения площади участка; при этом расчетный знаменатель масштаба съемки определяется как:

$$M=2500 \cdot m_s \sqrt{S}$$

где  $S$  – средняя площадь оцениваемого участка, га;

$m_s$  - допустимая погрешность определения площади (в процентах), зависящая от таких факторов, как балльная оценка сельскохозяйственных земель, стоимость земель и др.

# Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа

- Высота сечения рельефа определяет точность изображения рельефа и влияет на качество работ, особенно проектов вертикальной планировки. Высоту сечения рельефа устанавливают в зависимости от масштаба плана и характера рельефа местности с таким расчетом, чтобы горизонтали на плане не сливались между собой, рельеф изображался с достаточной точностью и легко читался.
- Для топографических планов и карт масштабов 1:5000 – 1:25000 высоту сечения рельефа можно рассчитать по формуле:  $h = 0,2 M$ , где  $M$  – знаменатель численного масштаба плана.
- Так для масштаба 1: 10 000 величина  $h$ , рассчитанная по этой формуле, составит 2 м, для масштаба 1: 5000 – 1 м.

# Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа

- Высоту сечения рельефа можно также определить из соотношений:

$$h = 5 mh \quad \text{или} \quad h = 5mн,$$

где  $mh$  - средняя квадратическая погрешность определения превышений при съемке;

$mн$  - средняя квадратическая погрешность определения отметок точек по горизонталям на плане.

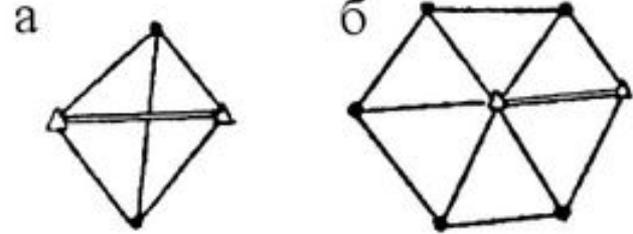
- В зависимости от характера рельефа местности (равнинный, всхолмленный пересеченный, горный, предгорный) для каждого масштаба съемки приняты 2-4 значения высоты сечения рельефа: для масштаба 1:5000 - 0,5-5,0 м; 1:2000 – 0,5-2,0 м; 1:1000 и 1:500 – 0,5-1,0 м.

# Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа

Любая съемка начинается с проведения рекогносцировки.

- **Рекогносцировка** – это визуальное изучение и обследование местности с целью выбора положения опорных пунктов (точек) для обоснования топографических съемок.
- При рекогносцировке на местности – выбирают направление, по которым должен быть проложен теодолитно-нивелирный ход, намечают порядок проведения работ, изучают контуры и рельеф местности, подлежащие съемке.
- Вершины хода необходимо выбирать на открытых, возвышенных местах, с которых наиболее удобно наблюдать окружающую местность, подлежащую съемке.

## 4. Горизонтальная съемка



- **Горизонтальная съемка** – простейший способ съемки, используемый при составлении плана маленького участка с помощью мерной ленты.
- Способы проведения съемки:**
- **Способ треугольника** – участок разбивают на треугольники. Сначала измеряют внешние линии затем диагонали, размеры переносят на план в масштабе.
  - **Полярный способ** – в середине участка выбирается точка - полюс, от которой измеряются расстояния до вершин многоугольника, а затем все стороны многоугольника.
  - **Способ обхода** – применяется, когда площадь участка имеет препятствия. Обход производится по часовой стрелке, измеряются длины прямых отрезков и углы. При этом используется т. Пифагора, эккер и шагомер.

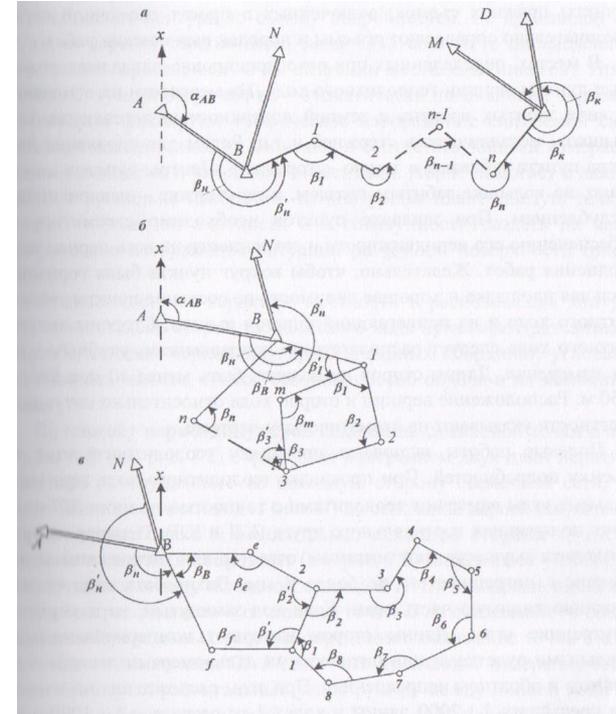
## 5. Теодолитная съемка



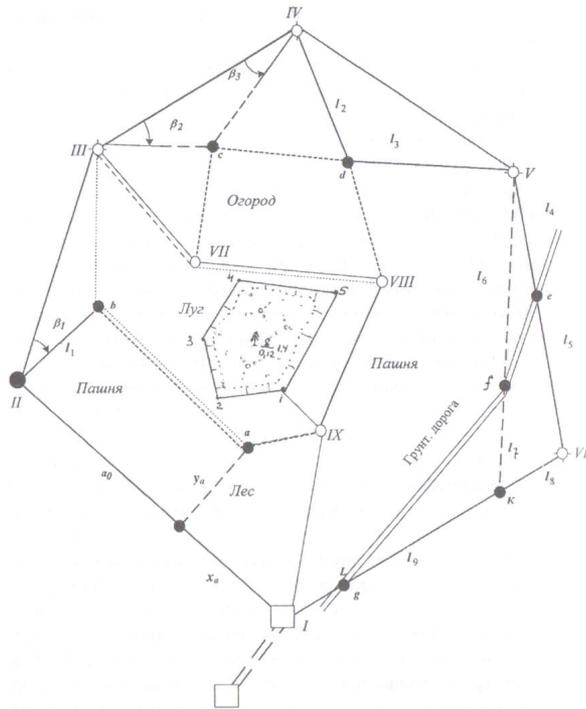
- *Теодолитной съемкой* – называют горизонтальную съемку, в результате которой получают план и изображением ситуации местности (контуров и местных предметов) без рельефа.
- Ее относят к крупномасштабным (1:5000 и крупнее) и применяют в равнинной местности со сложной ситуацией, на ограниченных участках местности.
- При выполнении теодолитной съемки сначала создают съемочную сеть – геометрическую основу съемки. Затем относительно этой сети производят непосредственно контурную съемку подробностей на местности, т.е. съемку ситуации.

# Теодолитная съемка

- Съемочную сеть при теодолитной съемке обычно создают путем прокладывания на местности теодолитных ходов.
- В вершинах теодолитных ходов теодолитом измеряют горизонтальные углы, а мерными приборами – длины линий между ними.
- По точности теодолитные ходы разделяют на ходы 1-го разряда с относительной погрешностью не ниже 1:2000 и 2-го разряда – не ниже 1:1000.
- Форма теодолитных ходов зависит от характера снимаемой территории. По форме теодолитные ходы могут быть замкнутыми, т.е. начинающимися и заканчивающимися на одной и той же вершине, или разомкнутыми. В обоих случаях теодолитный ход должен быть геометрически привязан к геодезической сети.

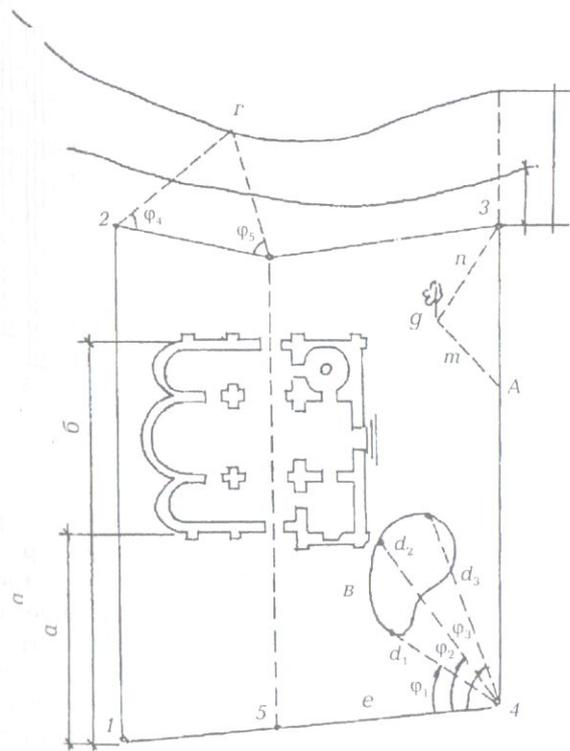


# Теодолитная съемка



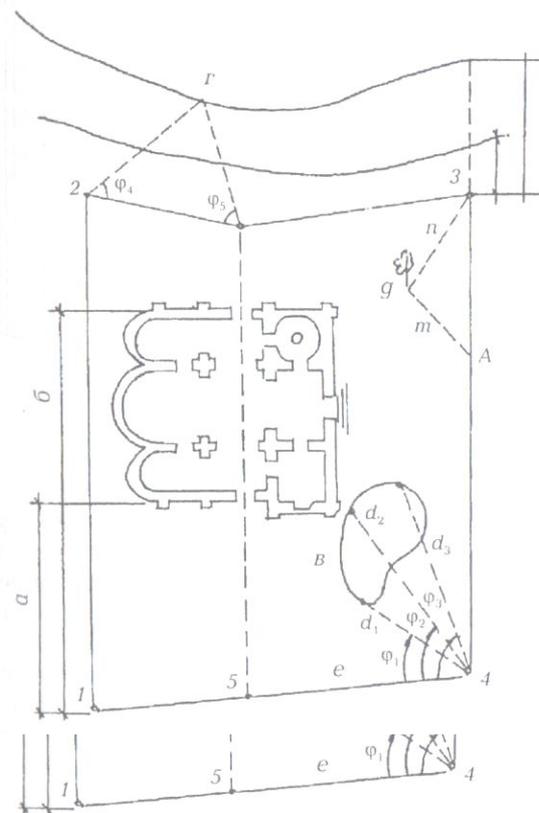
- Горизонтальные углы в теодолитных ходах измеряют теодолитами технической точности полным приемом. Расхождение значений угла из полуприемов не должно быть более  $1'$ .
- Теодолитную съемку осуществляют с пунктов и сторон теодолитного хода различными способами (способ полярных координат, способ створа перпендикуляров, линейных и угловых засечек) в зависимости от характера местности.
- При съемке одновременно с измерениями ведут абрис, в котором указывают результаты измерений и ситуацию. Эта информация необходима при составлении топографического плана.

## Теодолитная съемка



- *Способ полярных координат* (в) состоит в измерении теодолитом горизонтального угла от стороны теодолитного хода до направления на точку и расстояния от вершины измеряемого угла до снимаемой точки.

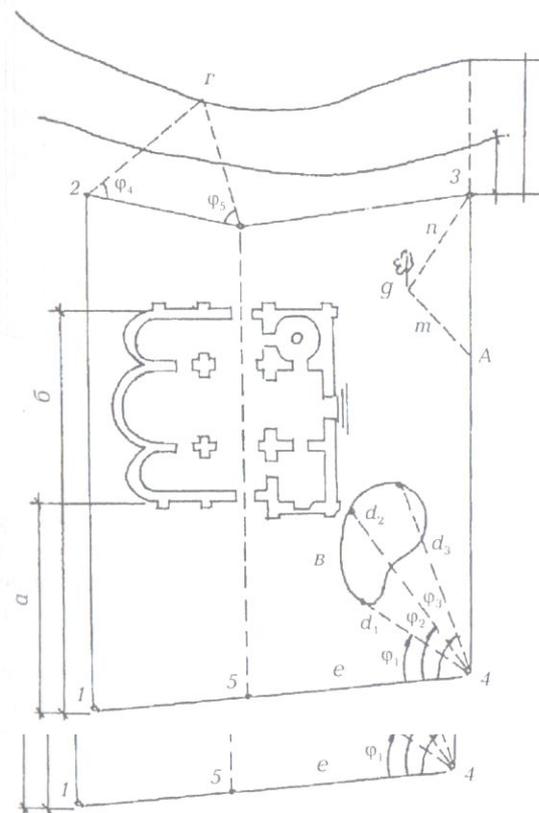
## Теодолитная съемка



- *Способ перпендикуляров (а,б) — положение контурной точки определяется путем измерения длины перпендикуляра, опущенного из точки на сторону теодолитного хода, и расстояния от начала стороны до основания перпендикуляра.*

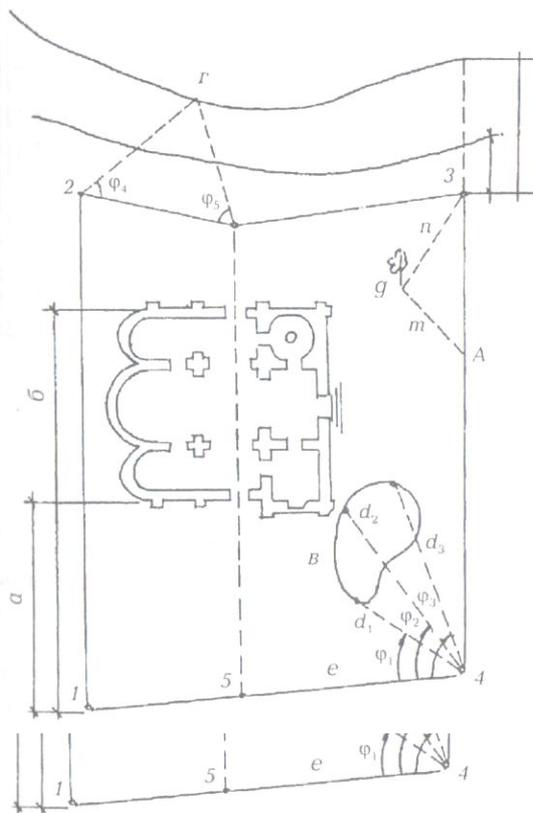


## Теодолитная съемка



- *Способ линейных засечек (d)* используется при съемке объектов с четкими очертаниями. От двух точек теодолитного хода лентой или лазерной рулеткой измеряют расстояния до определяемой точки, причем длина засечек не должна превышать длины мерного прибора (20-50 м).

## Теодолитная съемка



- *Способ створа (e)* состоит в определении положения объектов относительно створной линии, которой является одна из сторон теодолитного хода. Способ створа сочетают с методами перпендикуляров и линейных засечек.

# Теодолитная съемка

Ведомость вычисления координат замкнутого теодолитного хода между точками 1-2-3-4-5-1

№№ точек	Измеренные углы $\beta$		Исправленные углы $\beta$		Азимуты (дирекционные углы) $\alpha$		Румбы $r$			Меры линий / горизонтальные расстояния / $a$ метры	Приращения координат								Координаты $x_2 = x_1 + \Delta x_{1-2}$ $y_2 = y_1 + \Delta y_{1-2}$				№№ точек
	Вычисленные $\Delta x = d \cos \alpha$ , $\Delta y = d \sin \alpha$								исправленные $\Delta y = d \sin \alpha$														
	Поправки																						
	°	'	°	'	°	'	назв.	°	'		±	$\Delta x$	±	$\Delta y$	±	$\Delta x$	±	$\Delta y$	±	x	±	y	
1	95	22	95	22	7	00	СВ	7	00	197,88	+	-8 196,40	+	-3 24,11	+	196,32	+	24,08	+		+		1
2	77	38	77	38	109	22	ЮВ	70	38	153,70	-	-6 50,97	+	-2 145,00	-	51,03	+	144,98	+		+		2
3	114	+1 19	114	20	175	22	ЮВ	4	58	134,81	-	-6 134,30	+	-2 11,67	-	134,36	+	11,65	+		+		3
4	106	52	106	52	248	10	ЮЗ	68	10	87,72	-	-3 32,62	-	-1 81,43	-	32,65	-	81,44	+		+		4
5 1	145	48	145	48	282	22	СЗ	77	38	101,61	+	-4. 21,76	-	-2 99,25	+	21,72	-	99,27	+		+		5
$\Sigma p$	539	59	540	00	Допустимая угловая невязка $f_{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{L}$			Периметр $p = 675,72$			$\Sigma + \Delta x$	218,16	$\Sigma + \Delta y$	180,06	$\Sigma + \Delta x$	218,04	$\Sigma + \Delta y$	180,71	+		+		1
$\Sigma r$	540	00			$\alpha_2 = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2$						$\Sigma - \Delta x$	217,89	$\Sigma - \Delta y$	180,67	$\Sigma - \Delta x$	218,04	$\Sigma - \Delta y$	180,71	(контроль)				
$f_\beta$	-0	1 01									$f_x$	+0,27	$f_y$	+0,10	$f_x$	0,00	$f_y$	0,00	$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 0,29 \text{ м}$ $\frac{f_p}{p} = \frac{0,29}{675,72} = \frac{1}{2330} < \frac{1}{2000}$				

- Данные измерений теодолитного хода записывают в журнал.
- Данные измерений горизонтальных углов при двух положениях вертикального круга теодолита (КЛ и КП) внесены в соответствующую графу журнала. В графе «Длины линий» приведены результаты измерений сторон в прямом и обратном направлениях, а также среднее арифметическое значение из двух измерений.

## Теодолитная съемка



- Для определения горизонтальных проложений сторон хода измеряют углы наклона линий к горизонту.
- Дирекционный угол исходной стороны хода определяют путем привязки к пункту государственной геодезической сети. При этом измеряют примычный угол. При отсутствии привязки к пункту государственной сети, пользуясь буссолью, определяют магнитный азимут одной стороны теодолитного хода.

## Теодолитная съемка



- Исходными данными для вычисления координат точек теодолитного хода являются:
  - координаты точки 1 (например, пункта полигонометрии);
  - горизонтальные проложения сторон хода;
  - горизонтальные углы;
  - дирекционный угол исходной стороны.
- Координаты точек хода определяют путем решения прямой геодезической задачи.

## 6. Тахеометрическая съемка



- Тахеометрической называют съемку, при которой пространственное положение точки определяют полярным способом с помощью тахеометра или теодолита, путем измерения горизонтального угла, расстояния и превышения методом тригонометрического нивелирования.
- Название «тахеометрическая съемка» произошло от греческого слова тахеометрия, которое переводиться как быстрое измерение. Быстроту измерения достигают тем, что положение каждой точки в пространстве определяют тахеометром при одном наведении зрительной трубы.

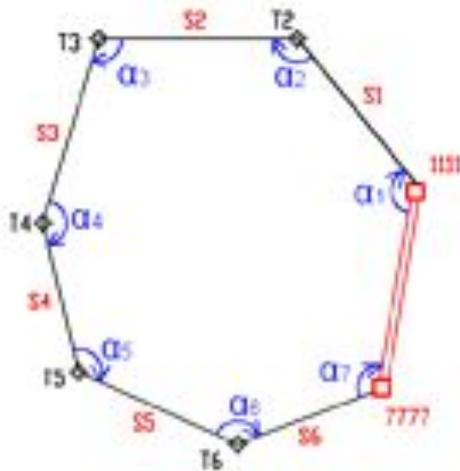
## Тахеометрическая съемка



- Тахеометрическую съемку выполняют по принципу от общего к частному.
  - Вначале создают планово-высотную основу, затем ведут съемку рельефа и подробностей, по результатам которой в камеральных условиях составляют топографический план.
-

## Тахеометрическая съемка

- При тахеометрической съемке в качестве съемочного обоснования прокладывается тахеометрический ход с последующим нивелированием его точек.
- **Тахеометрический ход** – это ломанная линия на местности, все вершины которой соответственно закреплены. Точки хода на местности выбирают так, чтобы обеспечивалась взаимная видимость, обзор вокруг точки для удобства последующей съемки в радиусе 150-200 м. Длина тахеометрического хода определяется (на основе масштаба съемки и точности измерений) по формуле предельной относительной невязки тахеометрического хода.



# Тахеометрическая съемка



- Плановое обоснование создают обычно путем проложения теодолитных ходов. Отметки точек теодолитных ходов определяют геометрическим нивелированием (высотное обоснование).
- Съемку предметов, контуров и рельефа местности производят полярным способом, отметки точек определяют тригонометрическим нивелированием.
- При съемке в масштабе 1:2000 с сечением рельефа горизонталями через 1 м допускаются  $S < 100$  м при съемке границ контуров и  $S < 250$  м – при съемке рельефа. Расстояние между пикетами на равнинной местности не должно превышать 40 м (2 см на плане).
- При съемке ситуации, рельефа местности вертикальные и горизонтальные углы измеряют при одном положении вертикального круга тахеометра, а расстояния до реечных точек (пикетов) – дальномером.
- Реечные точки выбирают на характерных для вертикальной структуры рельефа местах – на вершинах холмов, линиях водораздела, берегах водоемов и на характерных точках ситуации.

# Тахеометрическая съемка



Порядок работы на станции:

- 1) Устанавливают тахеометр в рабочее положение над точкой теодолитного хода. В процессе съемки на каждой станции составляют абрис – схематический чертеж ситуации и рельефа местности, на котором показывают положение и номера точек. Работы завершают проверкой неподвижности лимба и постоянства МО. Измеряют высоту прибора, отмечают ее на рейке и записывают в журнал;
- 2) Выполняют ориентирование лимба на ближайшую точку теодолитного хода;
- 3) Последовательно устанавливают рейку на характерных точках местности и визируют на нее так, чтобы вертикальная нить сетки совмещалась с осью рейки, а горизонтальная – с меткой высоты прибора на рейке. Измеряют горизонтальные и вертикальные углы и определяют расстояние до рейки с помощью дальномера. Результаты записывают в журнал.

## Тахеометрическая съемка



- Камеральные работы при тахеометрической съемке состоят из вычислений углов наклона, горизонтальных проложений измеренных расстояний, превышений, отметок точек, составления и оформления плана участка местности.
- Составление и вычерчивание тахеометрического плана включает: построение сетки координат, накладку точек по координатам, нанесение речных точек, рисовку рельефа с учетом направления понижения местности, рисовку контуров, вычерчивания и оформления плана по условным знакам масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.
- Составлению абриса уделяется особое внимание. Он вычерчивается от руки в произвольном масштабе, примерно равном масштабу плана. Станция, с которой ведется съемка, наносится в середине снимаемого участка. По линейке прочерчивают предыдущую и последующую линии хода. Обязательно указывают отчет по горизонтальному кругу, равный нулю по той линии хода, по которой ориентирован лимб. Наносят характерные точки и скелетные линии рельефа, направления падения скатов.

## Тахеометрическая съемка



- При картографировании территории применяется цифровая топографическая съемка с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS.
- Эффективность применения электронной тахеометрической съемки (ЭТС) по сравнению с традиционными методами достигается в первую очередь за счет увеличения площади съемки с одной станции.
- Современные электронные тахеометры объединяют в себе электронный теодолит, светодальномер, микроЭВМ с пакетом прикладных программ и регистратор информации (модуль памяти).

## 7. Нивелирование

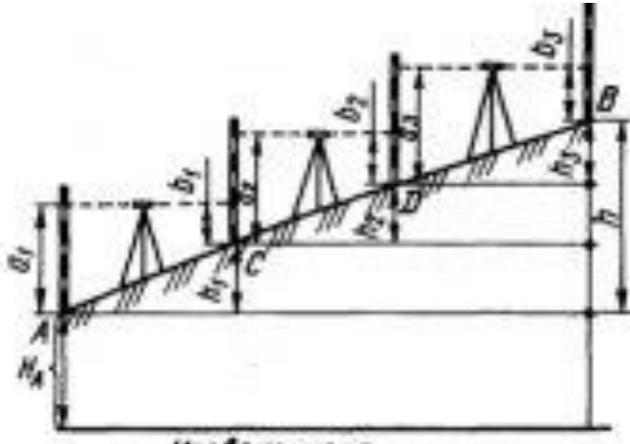
Виды  
нивелирных  
работ

Передача  
высоты репера  
на пункт  
съёмочного  
обоснования

Нивелирование  
трассы  
линейного  
сооружения

Нивелирование  
поверхности  
равнинного  
земельного участка

# Нивелирование



- **Передача высоты** на значительное расстояние с нивелирного репера на пункты съемочного обоснования или с одной точки на другую в целях определения превышения между ними (например с точки забора воды на точку ее доставки при проведении водоснабжения) осуществляют проложение хода (полигона) технического нивелирования с нескольких станций.
- При нивелировании применяют способ из середины с расстоянием от нивелира до реек до 100 м. Точки, на которых проводят отчеты по рейке с двух смежных станций, называют **связующими**.

# Нивелирование

Ход от грунт реп. № 6 до временн. нел. № 1 У прибора Воронина Н.Ю.

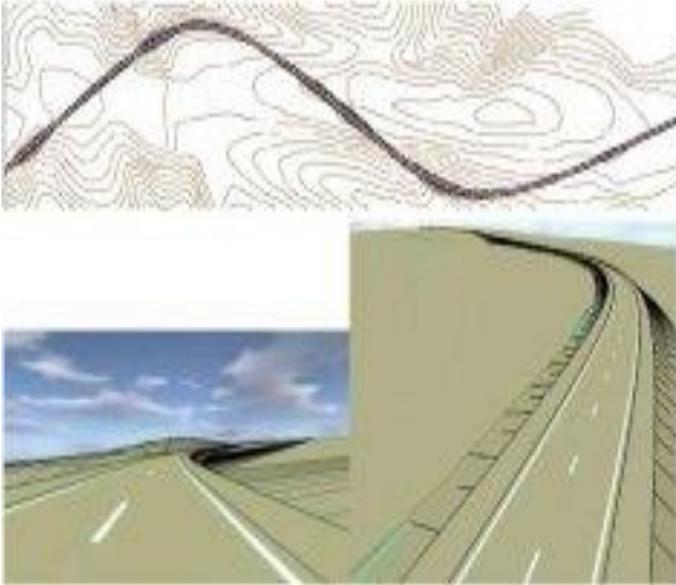
Начало 9.06.98 6ч. 20 мин. Конец 18ч. 00 мин. Н-3 № 15127

Погода ясно, слаб. ветер Изображение спокойное Записывает Кириязи Ю.Н.

№ шт	Наблюдение по дальномерным нитям			Наблюдение по средней нити			Средн. превышение (мм)
	задняя рейка	передняя рейка	контрольн. Превыш.	задняя рейка	передняя рейка	превышение	
	(2)	(5)	(11)	Ч	(1)	(4)	(14)
	(3)	(6)	(12)	К	(8)	(7)	(15)
	(9)	(10)	(13)		(16)	(17)	(18)
1	0888	1649	- 761	Ч	1066	1823	- 757
	1243	1998	- 755	К	5850	6507	- 657
1 - 2	355	349	+6 / +6		4784	4684	- 100
2	1926	1275	+ 651	Ч	2168	1518	+ 650
	2410	1761	+ 649	К	6851	6300	+ 551
1 - 2	484	486	-2 / +4		4633	4782	+ 99
3	0389	2359	- 1970	Ч	0651	2618	- 1967
	0910	2877	- 1967	К	5433	7302	- 1869
1 - 2	521	518	+3 / +7		4782	4684	- 98
Постраничные контрольные вычисления	1360 (20)	1353(21)	-4153(22)		22019 (23) -26068 (24)	26068 (24) -4049 -100 -4149 (25) - 2074,5 (29)	- 2074,5 (26)
			-2076,5 (27)		-4049 (28)		
Подсчет по окулям 13408 Σ(20); 13410 Σ(21); 2736 Σ(27)			206756 Σ(23)		201289 Σ(24)+5467 Σ(25)		
			201289 Σ(24)		+2733.5 Σ(26); +2733.5(31)		
			+ 5467 (30)				
I <sup>6-1</sup> = 2,7 км (32); n = 25 шт. (33)							
			Измеренное превышение h = +2733.5 мм (34)				
			Поправка за длину среднего метра реек Δh = +0.3 мм (35)				
			Исправленное превышение h = +2733.8 мм (36)				
			h = +2.734 м (37)				

- Каждое превышение между двумя соседними связующими точками проверяют контролем на станции, т.е. превышение определяют дважды как разности отчетов по черным и красным сторонам реек. Расхождение значений превышения не допускают более 5 мм.
- Привязку нивелирного хода к стенному либо грунтовому реперу осуществляют, установив рейку на репер.
- В журнал нивелирования записывают и расстояния от нивелира до реек, определенные по дальномеру. Вычислительную обработку журнала нивелирования по передаче высоты начинают с вычисления среднего значения превышения для каждой станции, затем находят алгебраическую сумму превышений на каждой станции журнала и проверяют постраничным контролем.

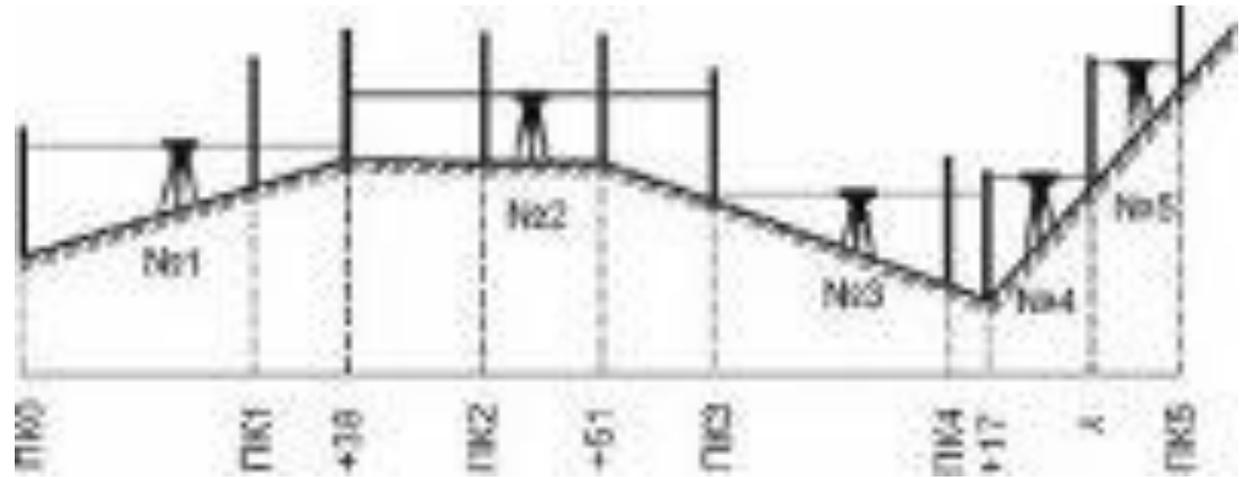
# Нивелирование



## Трассирование линейных сооружений

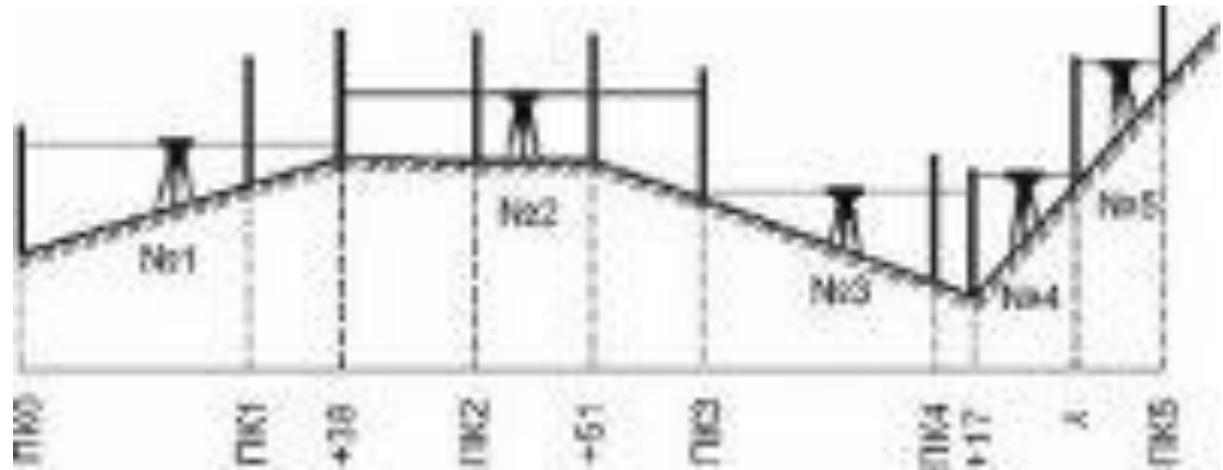
- *Трассой* называют продольную ось линейного сооружения большой протяженности. Она обычно состоит из прямоугольных участков, плавно соединяемых кривыми различных радиусов кривизны.
- *Трассированием* называют проложение (проектирование) трассы на топографической карте (камеральное трассирование) и на местности (полевое трассирование), которые проводят в порядке выполнения топографо-геодезических изысканий на стадиях составления проектного задания или перенесения проекта в натуру (на местность).

# Нивелирование



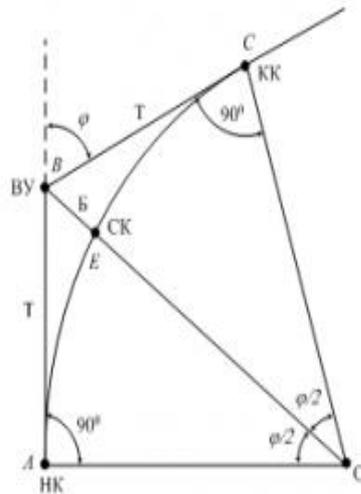
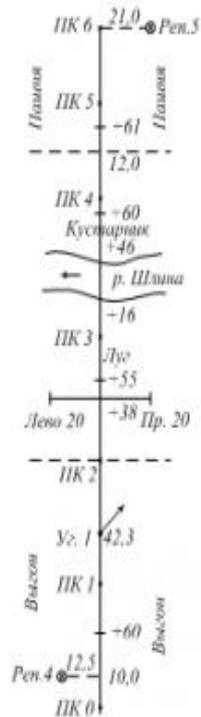
- *Разбивка пикетажа* состоит в проложении по трассе теодолитного хода, привязанного к пунктам геодезической сети или ориентированного по магнитному меридиану, с одновременным обозначением ее точек и с проведением съемки ситуации в полосе отвода земли по обе стороны трассы.
- При разбивке пикетажа ведут пикетажный журнал, в который заносят результаты линейных и угловых измерений, номера точек, в нем вычерчивают абрис съемки полосы земли вдоль трассы. Ось трассы в пикетажном журнале вычерчивают условно, снизу вверх, в виде прямой линии, от которой стрелками указывают правые и левые повороты трассы.

# Нивелирование



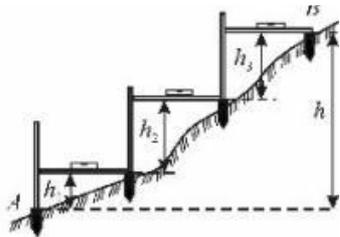
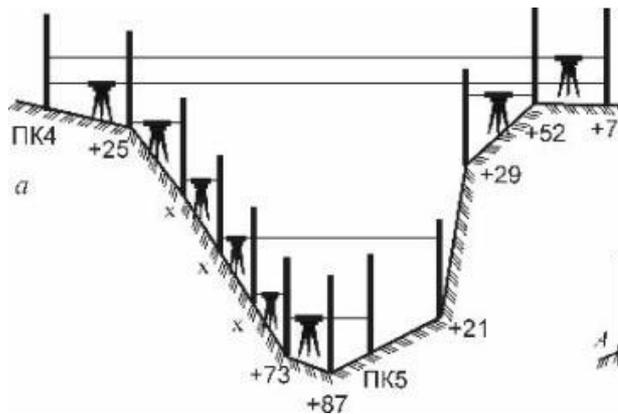
- От начала трассы через определенные расстояния (горизонтальные проложения), обычно через 100 м, отмеряемые лентой или рулеткой, обозначают точки, называемые *пикетами*. Пикеты закрепляют деревянными кольями.
- Начало трассы обозначают ПК0, номер каждого пикета - число сотен метров трассы, отмеряемых от ее начала.
- В промежутках между пикетами обозначают характерные точки рельефа, называемые *плюсовыми точками*. Их также закрепляют кольями, на которых записывают, например ПК0+60. Это значит, что плюсовая точка находится в 60 м от пикета ПК0.
- Кроме плюсовых точек между пикетами в характерных местах рельефа обозначают *точки поперечных профилей*, например ПК2+38 вправо 20, ПК2+38 лево 20.

# Нивелирование



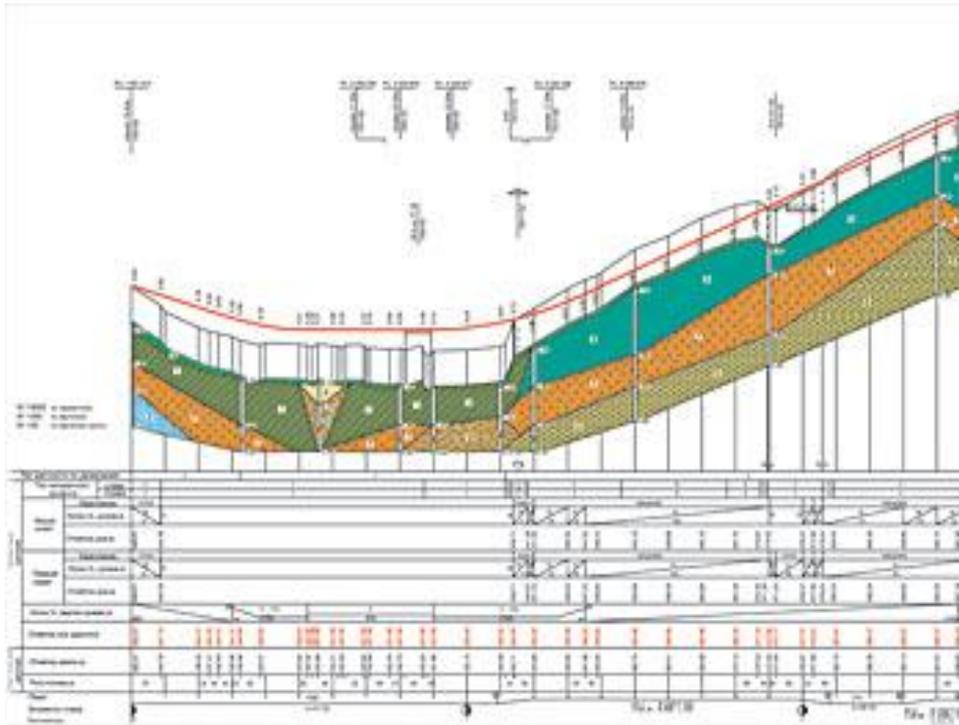
- Вершины углов поворота трассы закрепляют кольями и обозначают так: Уг.1 ПК1+42,8. углами поворота трассы прямо считать не правые и левые углы, как в теодолитных ходах, а углы отклонения трассы от предыдущего направления.
- Этот угол необходим для определения положения в пикетаже точек кривой, вставляемой в угол  $180^\circ$ , для плавного перехода трассы от предыдущего направления к последующему, т.е. положения точек начала кривой, середины кривой и конца кривой, называемых главными точками кривой.

# Нивелирование



- После разбивки пикетов, плюсовых точек и точек поперечных профилей прокладывают ход технического нивелирования способом из середины, привязанный в начале и в конце трассы к реперам с известными высотами. В качестве связующих точек, как правило, используют пикеты.
- Все остальные точки нивелируют как *промежуточные*, т.е. отсчеты по рейке на них проводят один раз и только с одной станции по черной стороне рейки. Однако на крутых скатах, когда нивелирование с одной станции между пикетами невозможно, в качестве связующей используют плюсовую точку.
- Если на крутом однородном скате между пикетами плюсовых точек нет, то в качестве связующей выбирают произвольно *иксовую точку*. Иксовой ее называют потому, что расстояние от пикета до этой точки не измеряют, положение ее в пикетаже остается неизвестным и на профиль ее не наносят. При особенно крутых скатах приходится выбирать 2-3 иксовые точки.

# Нивелирование



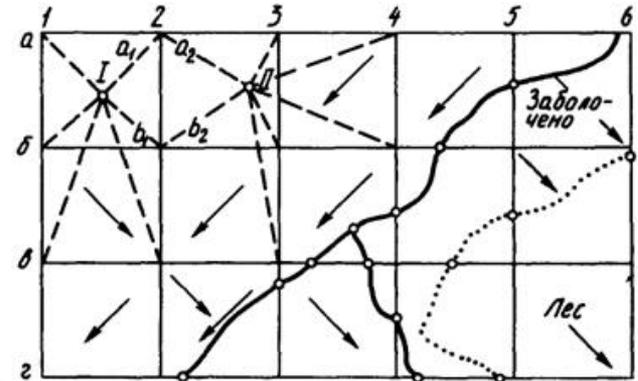
- Вычислительная обработки нивелирного хода, проложенного между исходными реперами состоит в вычислении высот всех связующих и промежуточных точек по исходным высотам начальной и конечной точек хода и отсчетам по рейкам, взятым при нивелировании трассы.
- После вычислений строится профиль трассы.

# Нивелирование



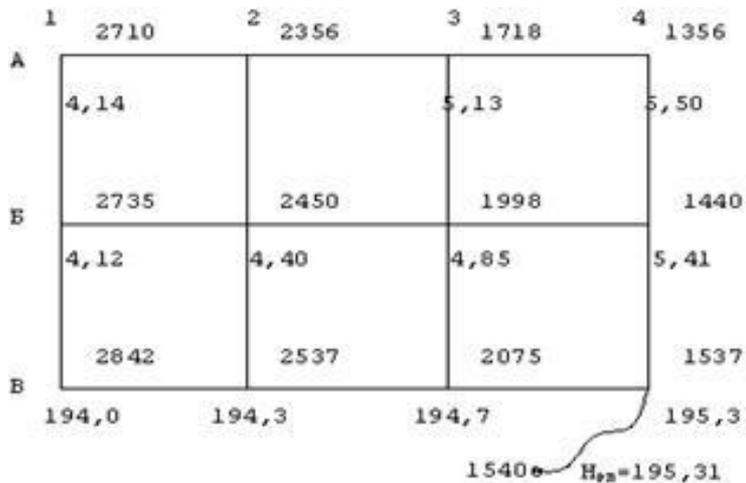
- ***Нивелирование поверхности*** осуществляют в целях детального изучения рельефа на небольшом участке местности. В зависимости от рельефа применяют несколько способов нивелирования поверхности:
  - - *магистральный* применяют при сильно выраженном рельефе местности при характерных точках рельефа на водоразделах и водотоках прокладывают теодолитные и нивелирные ходы, преимущественно в закрытой местности;
  - - *параллельных линий* используют, когда местность покрыта лесом или высоким кустарником, в котором прорубают параллельные просеки, на них выбирают характерные точки рельефа и прокладывают нивелирные ходы;
  - - *нивелирование поверхности по квадратам* применяют, когда местность открытая, рельеф равнинный, с неясно выраженными формами.

# Нивелирование



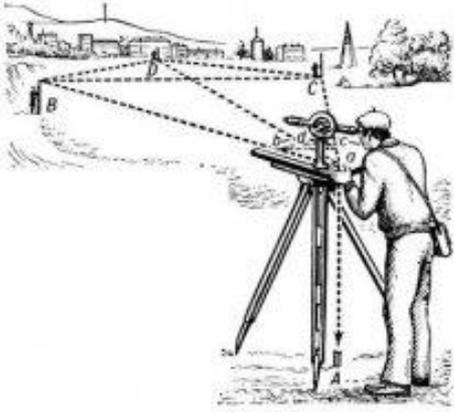
- Размеры сторон квадратов принимают в зависимости от сложности рельефа равными 10 или 20 м. Сетку квадратов разбивают с помощью теодолита и стальной ленты. Вершины квадратов закрепляют кольшками.
- Плановое положение опорных точек определяется путем проложения теодолитных ходов, а высотное техническим нивелированием.
- Стороны и вершины квадратов используют для съемки ситуации способом перпендикуляров. Отметки вершин квадратов, а также характерных точек рельефа внутри квадратов определяют нивелированием с одной станции нивелира, выбранной с таким расчетом, чтобы с нее можно было взять отсчеты по рейкам, устанавливаемым на каждой из этих точек. Отчеты берут только по черной стороне рейки.
- Отметки точек вычисляют через горизонт прибора, округляя их до сотых долей метра и выписывают на заранее заготовленную схему, заменяющую журнал.

# Нивелирование



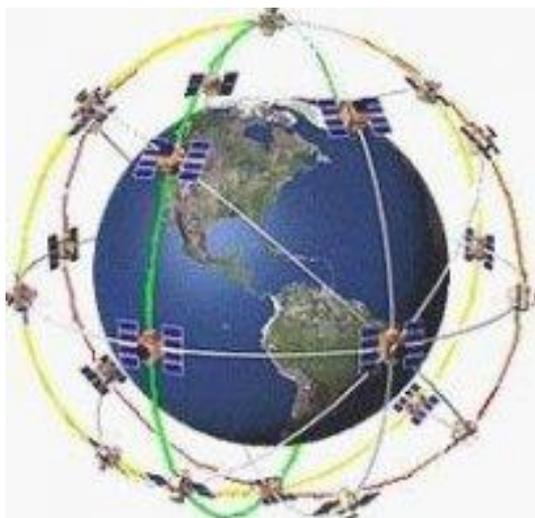
- Для построения топографического плана по результатам нивелирования по квадратам наносят на план в заданном масштабе сетку квадратов и против вершин подписывают их высоты.
- По данным абриса строят контуры местности, после чего методом интерполирования с учетом направления понижения местности проводят горизонтали.
- План оформляется в условных знаках.

## 8. Мензультная съемка



- Мензультная съемка – это съемка, в процессе которой положение контуров ситуации, отдельных точек местности и горизонталей наносится на план графическим путем в полевых условиях.
- Мензультная съемка проводится при помощи мензультного комплекта.
- В состав мензультного комплекта входит – мензула (полевой чертежный столик) кипрегель (линейка, колонка-кронштейн несущая зрительную трубу с дальномером и определитель углов наклона, ориентир – буссоль (для ориентирования планшета), мензультная вилка (для центрирования точки планшета над соответствующей точкой местности) и топографический зонт.
- При мензультной съемке используются способ обхода, полярный способ и способы прямой засечки и обратной (боковой) засечки.

## 9. Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС/GPS



- В настоящее время действуют две спутниковые системы определения координат: российская система ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система) и американская система NAVSTAR GPS (Навигационная система определения расстояний и времени, глобальная система позиционирования).
- Система спутникового позиционирования включает три сегмента:
  - созвездия космических аппаратов (спутников), наземного контроля и управления, приемных устройств (аппаратуры пользователей).

# Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС/GPS

## *Сегмент космических аппаратов*

<b>Показатель</b>	<b>GPS</b>	<b>ГЛОНАСС</b>
Количество спутников	24 спутника (21 действующий и 3 резервных)	
Количество орбитальных плоскостей	6	3
Количество спутников в орбитальной плоскости	4	8
Средняя высота орбиты	около 20180 км	около 19150 км
Период обращения	11 час 58 мин	11 час 16 мин

На каждом спутнике ГЛОНАСС и GPS установлены солнечные батареи питания, приемно-передающая аппаратура, эталоны частоты и времени, бортовые компьютеры и отражатели для лазерной дальнометрии.

# Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС/GPS



*Сегмент наземного контроля и управления* состоит из:

- сети станций слежения за спутниками, равномерно размещенных по территории страны,
- службы точного времени,
- главной станции с вычислительным центром и станций загрузки данных на борт спутников.

С пунктов слежения дважды в сутки лазерным дальномером измеряют расстояния до каждого из спутников.

Собранную информацию о положении спутников на орбитах передают на бортовой компьютер каждого спутника.

Спутники непрерывно излучают для пользователей измерительные радиосигналы, данные и системное время, свои координаты.

# Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС/GPS

*Сегмент приемных устройств* включает:

- спутниковый приемник,
- антенну,
- управляющий орган-контролер,
- источник питания.



# Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС/GPS



- Определение координат точек земной поверхности с помощью спутников основано на радиодальномерных измерениях дальностей от спутников до приемника, установленного на определяемой точке.
- Если измерить дальности до трех спутников, координаты которых на данный момент времени известны, то методом линейной пространственной засечки можно определить координаты точки стояния приемника.
- Из-за не синхронности хода часов на спутнике и в приемнике определенные до спутников расстояния будут отличаться от истинных. Такие ошибочные расстояния получили название «псевдодальностей».
- Для исключения этих погрешностей определение координат точек с достаточной точностью возможно при одновременном наблюдении не менее 4 спутников.

# Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС/GPS



- Системы спутникового позиционирования работают в гринвичской пространственной прямоугольной системе координат с началом, совпадающем с центром масс Земли.
- При этом система GPS использует координаты мировой геодезической системы WGS-84, а ГЛОНАСС – систему координат ПЗ-90.
- Обе координатные системы установлены независимо друг от друга по результатам высокоточных геодезических и астрономических наблюдений.
- Большинство современных приемников работают со спутниками GPS, поэтому координаты измеренных точек получают чаще всего в системе WGS-84. Для перехода к государственной или местной системе координат используют предусмотренную программами обработки функцию трансформирования.

# Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС/GPS



- Спутниковое оборудование для геодезии в настоящее время выпускают более 50 производителей различных стран мира, основными из которых являются фирмы США и Швейцарии. Большинство производимых приемников работают со спутниками GPS. Однако с вводом в эксплуатацию российской системы ГЛОНАСС наиболее перспективным считается направление в использовании приемников, работающих по двум спутниковым системам.
- Современная спутниковая аппаратура позволяет выполнять измерения в любую погоду и любое время суток, не боится воздействия пыли, влаги, газов, имеет малые габариты и вес, малочувствительна к ударам. Высокая точность определения координат позволяет с успехом использовать ее для решения широкого спектра геодезических задач.

# Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС/GPS



- В ходе *подготовительных работ* выбирают места для закрепления точек съемочного обоснования с таким расчетом, чтобы не было помех от расположенных вблизи сооружений, крон высоких деревьев, источников мощного радиоизлучения.
- Особое внимание уделяется планированию наблюдений, для чего используют специальный модуль в программном обеспечении спутникового приемника. Этот модуль позволяет получить характеристику процесса позиционирования на любой момент времени и, т.о., выбрать наиболее благоприятный период для выполнения измерений.

## Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС/GPS



- Определение координат пунктов *геодезического съемочного обоснования* производится методом статистических спутниковых наблюдений.
- При статистическом методе используются два вида приемников. Один из приемников, называемый *базовым*, устанавливают на штативе над исходной точкой с известными координатами (пункт государственной геодезической сети, геодезической сети сгущения), а второй, называемый *мобильным*, - поочередно на пункты съемочной сети. При этом должно быть обеспечено условие синхронных измерений базовым и мобильным приемниками.
- Время измерения каждой базовой линии может составлять от 15-20 минут до 2,5-3 часов. Работа с каждым приемником на станции включает: центрирование приемника над пунктом с помощью нитяного или оптического отвеса, измерение высоты антенны с помощью секционной рейки, включение приемника.
- Приемник автоматически тестируется, отыскивает и захватывает все доступные спутники, производит GPS-измерения и заносит в память всю информацию.
- После окончания измерений производят обработку полученных результатов, которая включает вычисление длин базовых линий и координат пунктов обоснования в системе координат WGS-84, и др. точность определения планового местоположения точек статистическим способом достигает (5-10 мм) – 1-2 мм/км, высотного – в 2-3 раза ниже.

# Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС/GPS



- *Топографическая съемка* местности выполняется посредством проведения кинематических спутниковых измерений, позволяющих получать координаты и высоты точек за короткие промежутки времени.
- Для этого базовый приемник на штативе устанавливается на пункте съемочного обоснования, а мобильный – поочередно на снимаемые точки, причем приемник вместе с источником питания располагаются в специальном рюкзаке, а приемная антенна и контролер, с помощью которого осуществляется управление процессом съемки, крепятся на вехе.
- Вначале выполняется инициализация – привязка мобильной станции к базовой, для чего измерения на первой точке проводят несколько дольше (20-30 с), чем на последующих точках.
- В случае если снимаемая точка располагается в непосредственной близости от строения, высоких деревьев, других объектов, закрывающих видимость на спутники, время измерений должно быть увеличено. Кроме того, измерения на такие точки можно повторить, вернувшись на них еще раз. Завершают съемку участку наблюдениями на первой точке, либо на пункте с известными координатами.
- После завершения съемки производят обработку результатов. Точность способа кинематических измерений составляет 2-3 см в плане и 6-8 см по высоте.

## 10. Организация топографо-геодезических работ

Организационные мероприятия по технике безопасности:

- 1. Вводный общий инструктаж о правилах внутреннего трудового распорядка, об условиях предстоящих работ;
- 2. Инструктаж и обучение непосредственно на рабочем месте всех работников практическим методом и приемам ведения всех видов работ, которые будут проводиться, в процессе выполнения задания;
- 3. Обучение безопасному передвижению по участкам работы;
- 4. Обучение правилам пользования транспортными средствами;
- 5. Обучение ориентированию на местности;
- 6. Обучение пользованию защитными средствами;
- 7. Обучение правилам противопожарной безопасности;
- 8. Обучение оказанию первой медицинской помощи.

# Организация топографо-геодезических работ

- 1. Получение задания на производство топографо-геодезических работ;
- 2. Сбор и изучение имеющихся материалов на территорию съемки;
- 3. Составление проекта работ;
- 4. Расчет необходимых затрат труда;
- 5. Определение объемов и типа работ, методов, способов и сроков их выполнения;
- 6. Определение перечня необходимых приборов, инструментов и материалов для производства работ и их подготовка;
- 7. Расчет стоимости проведения полевых и камеральных работ;
- 8. Составления графика проведения работ.

Продолжение следует.....



Спасибо за внимание!