

МИИГАиК

ФАКУЛЬТЕТ
КАРТОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ
Направление
География и картография
(бакалавриат)
1-й курс

Курс лекций по дисциплине
«ГЕОДЕЗИЯ»
2-ый семестр

Учебный план направления (профиля)

<u>Дисциплина</u>	ГЕОДЕЗИЯ
<u>Индекс</u>	Б1.В.ОД.4 (Б1 дисциплины, В вариативная часть, ОД обязательная дисциплина, порядковый №)
<u>Семестры</u>	1 (18 недель), 2 (17 недель)
<u>Объем</u>	218 учебных часов (6 зачетных единиц), в т.ч.

Аудиторные занятия - 140 часов:

- 1 семестр Лекции - 36 часов (2 часа/неделя),
Практические занятия - 36 часов (2 часа/неделя)
Контроль - Зачет
- 2 семестр Лекции - 34 часов (2 часа/неделя),
Практические занятия - 34 часов (2 часа/неделя),
Самостоятельная работа студента - 40 часов
Контроль - Экзамен
Геодезическая практика (выездная полевая) - 108 часов
Контроль - Зачет с оценкой

Расписание занятий

Лекции :

ВТОРНИК - 2-ая пара с 10.30 до 11.50

Ауд. 603 (новый корпус)

Практические занятия:

1-я группа ЧЕТВЕРГ 1-я пара, ауд.
9в

2-я группа ЧЕТВЕРГ 2-я пара, ауд.
9в

3-я группа ВТОРНИК 3-я пара, ауд.
9

4-я группа ПОНЕДЕЛЬНИК 3-я пара,

Кафедра геодезии

(Зав.кафедрой –

д.т.н., профессор **МАЗУРОВА Елена Михайловна)**

Ведущий курс – проф. **Шлапак Василий**

Викторович

Преподаватели в группах –

1-ая группа – доц. Писаренко Владимир Кондратьевич

ст.пр. Аверьянова Тамара Афанасьева

2-ая группа - доц. Писаренко Владимир Кондратьевич

ст.пр. Аверьянова Тамара Афанасьева

3-ая группа - доц. Шлапак Василий Викторович

доц. Писаренко Владимир Кондратьевич

4-ая группа – доц. Писаренко Владимир Кондратьевич

ст.пр. Аверьянова Тамара Афанасьева

5-ая группа - доц. Писаренко Владимир Кондратьевич

ст.пр. Аверьянова Тамара Афанасьева

ГЕОДЕЗИЯ



Содержание лекций

- 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ
МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ТОЧЕК
НА МЕСТНОСТИ**
- 2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ**
- 3. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ
СЪЕМКИ МЕСТНОСТИ**

Координаты

Координатами называются *угловые или линейные величины*, определяющие положение точек на плоскости, поверхности или в пространстве относительно направлений и плоскостей, выбранных в качестве исходных в данной **системе координат**.

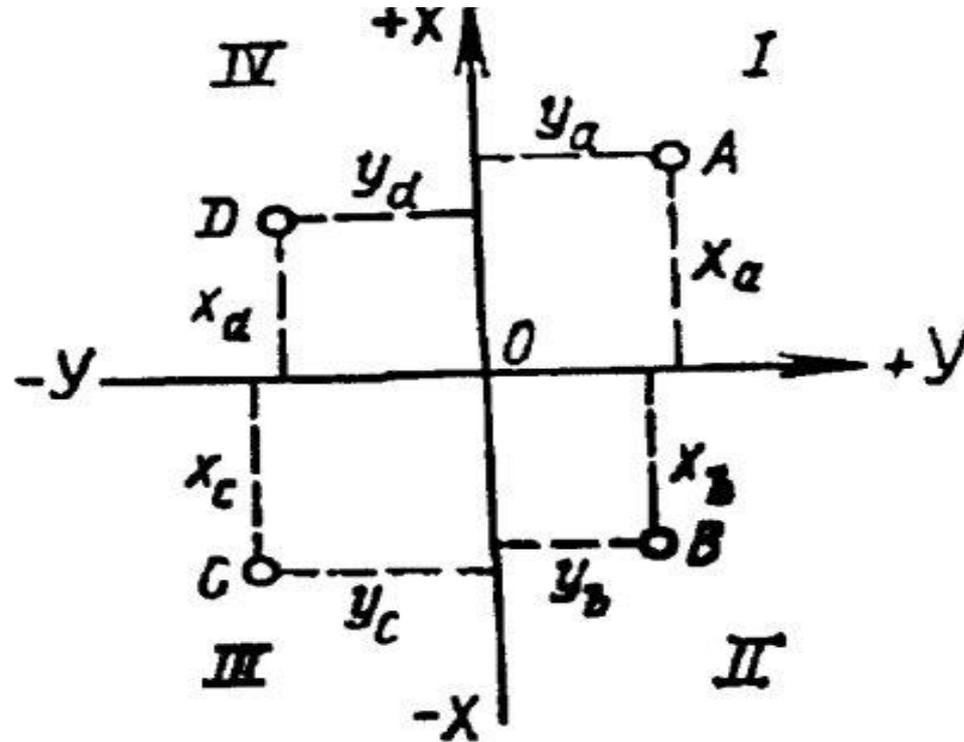
Системы координат

Система координат устанавливает начальные (исходные) точки, линии или плоскости для отсчета необходимых величин – начало отсчета координат и единицы их исчисления.

Системы координат:

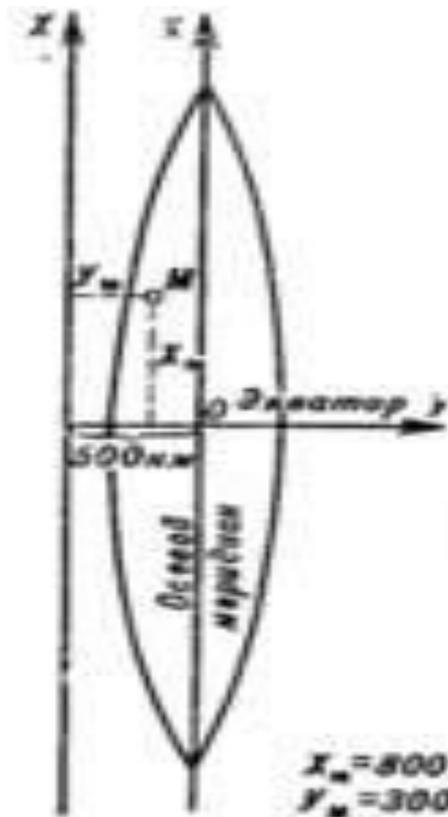
- *Система прямоугольных координат*
- *Система полярных координат*
- *Система высот*

Система прямоугольных координат



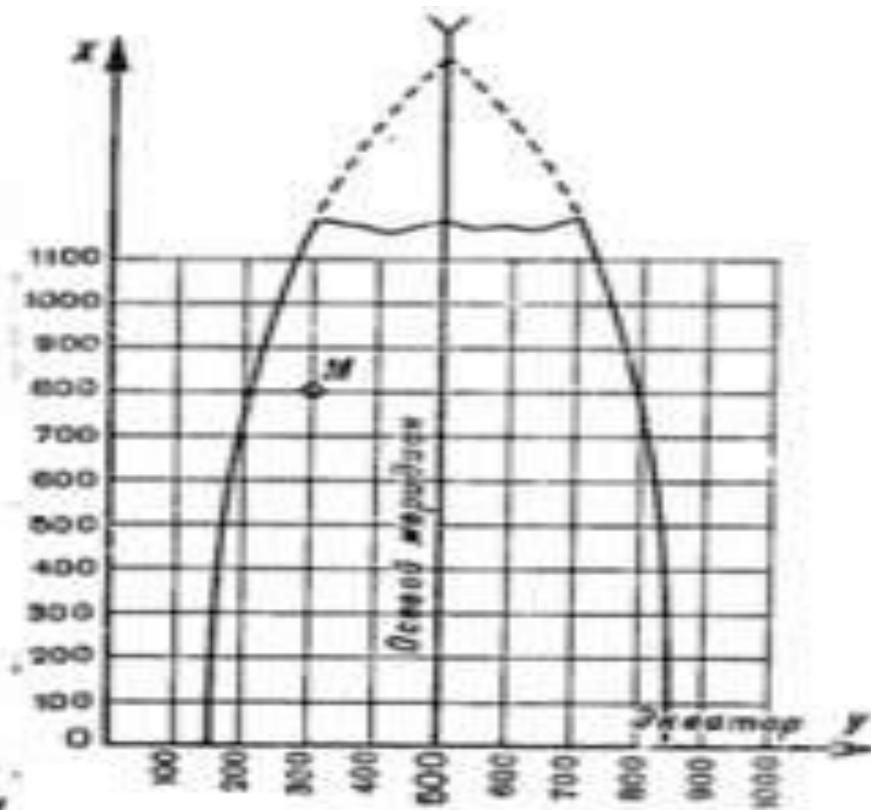
Угол направления, градус	Четверть	Знаки координат	
		X	Y
0 – 90	I - СВ	+	+
90 – 180	II - ЮВ	-	+
180 – 270	III - ЮЗ	-	-
270 – 360	IV - СЗ	+	-

Зональная система прямоугольных координат (Проекция Гаусса-Крюгера)



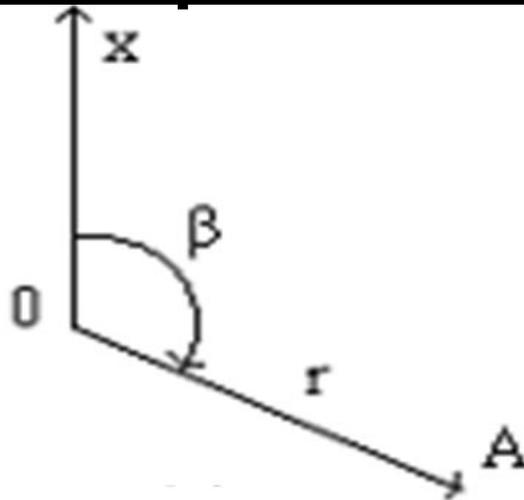
$$X_M = 800 \text{ км}$$
$$Y_M = 300 \text{ км}$$

а



б

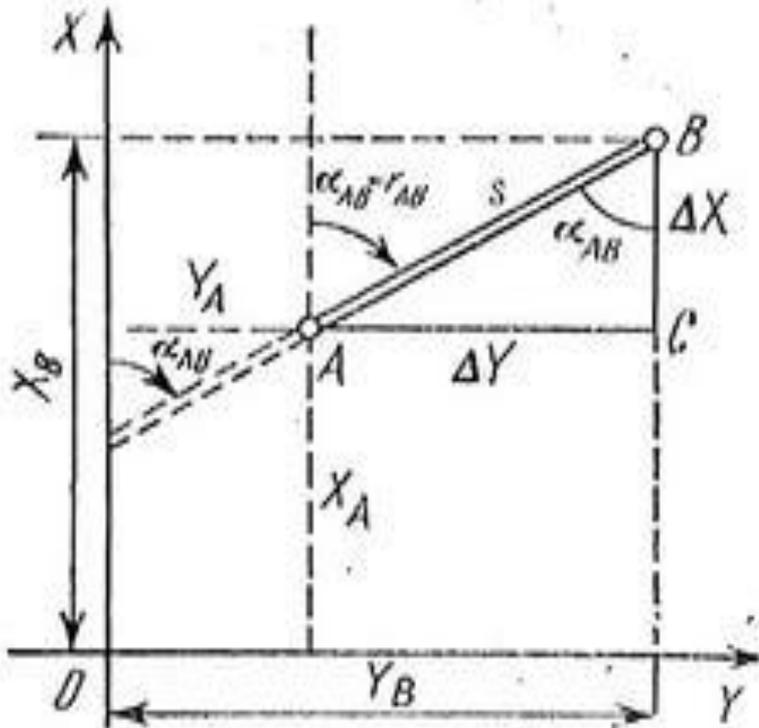
Система полярных координат



A (β, r)

Связь между прямоугольной и полярной системами координат

(Прямая и обратная геодезическая задача)



1. $A_{x,y}$; $B_{x,y}$ – пункты
2. α_{AB} - дирекционный угол
3. S – длина линии

Прямая геодезическая задача

Полярная → Прямоугольная

$$\Delta x = s \cdot \cos \alpha_{AB}$$

$$\Delta y = s \cdot \sin \alpha_{AB}$$

Обратная геодезическая задача

Прямоугольная → Полярная

$$s^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \Delta y / \Delta x$$

Связь дирекционных углов с табличным углом

*) при использовании таблиц ($\alpha_{\text{табл}} \leq 90$)

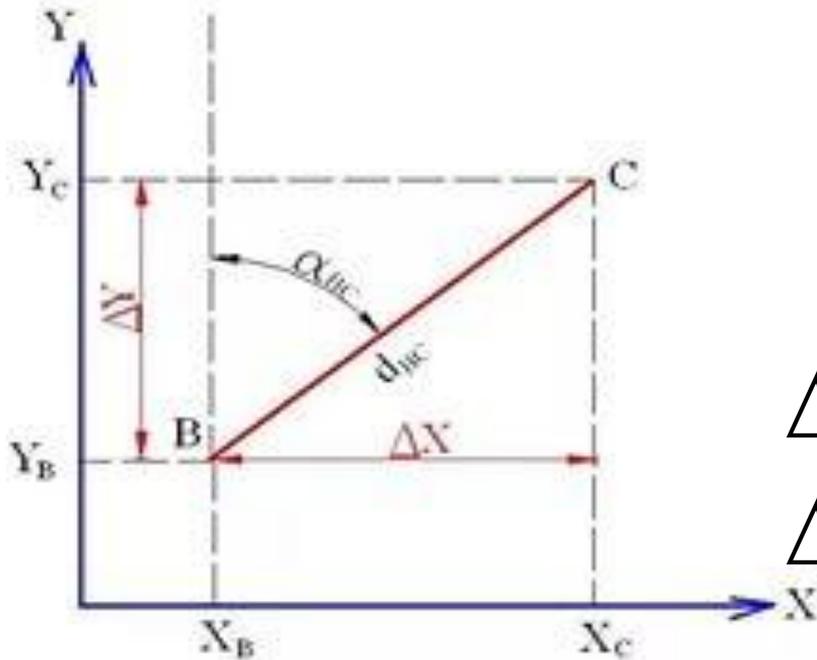
№№ четвертей	Знаки приращений		Дирекционный угол
	ΔX	ΔY	
1	+	+	$\alpha_1 = \alpha_{\text{табл}}$
2	-	+	$\alpha_2 = 180 - \alpha_{\text{табл}}$
3	-	-	$\alpha_3 = 180 + \alpha_{\text{табл}}$
4	+	-	$\alpha_4 = 360 - \alpha_{\text{табл}}$

*) при использовании эл.калькуляторов ($\alpha_{\text{табл}} \leq 180$)

№№ четвертей	Знаки приращений		Дирекционный угол
	ΔX	ΔY	
1,2	+,-	+,+	$\alpha_{1,2} = \alpha_{\text{табл}}$
3,4	-,+	-,-	$\alpha_{3,4} = 360 - \alpha_{\text{табл}}$

Передача (определение) прямоугольных координат

(по результатам геодезических измерений)



$$X_B = X_C + \Delta X_{BC}$$

$$Y_B = Y_C + \Delta Y_{BC}$$

$$\Delta X_{BC} = d_{BC} \cdot \cos \alpha_{BC}$$

$$\Delta Y_{BC} = d_{BC} \cdot \sin \alpha_{BC}$$

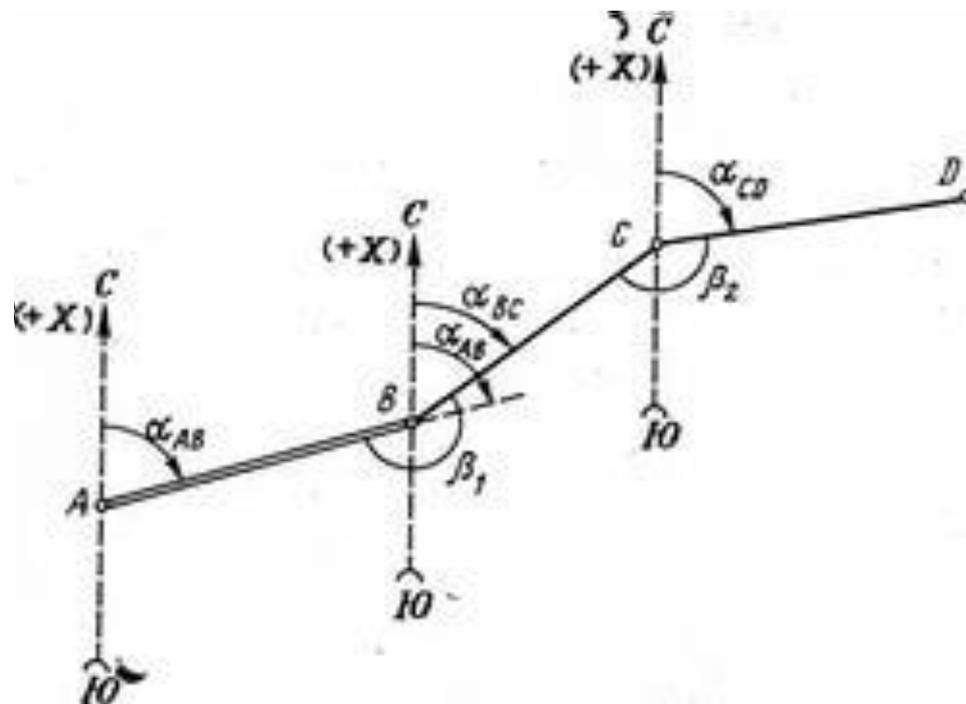
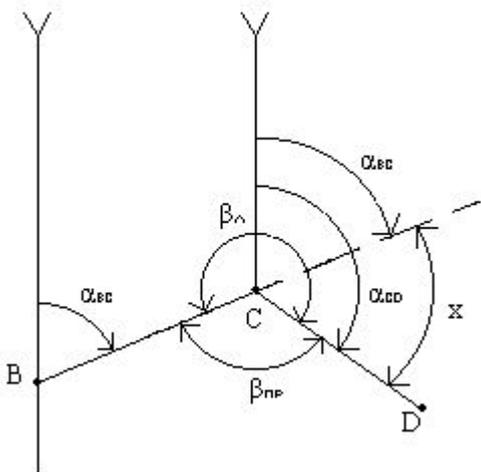
Длина линии BC (d_{BC}) измеряется на местности.

Дирекционный угол направления BC (α_{BC}) определяется:

- по измеренным горизонтальным углам
- из решения обратной геодезической задачи
- из астрономических наблюдений
- из автономных определений.

Определение дирекционного угла направления

1. Передача по результатам измерений горизонтальных углов

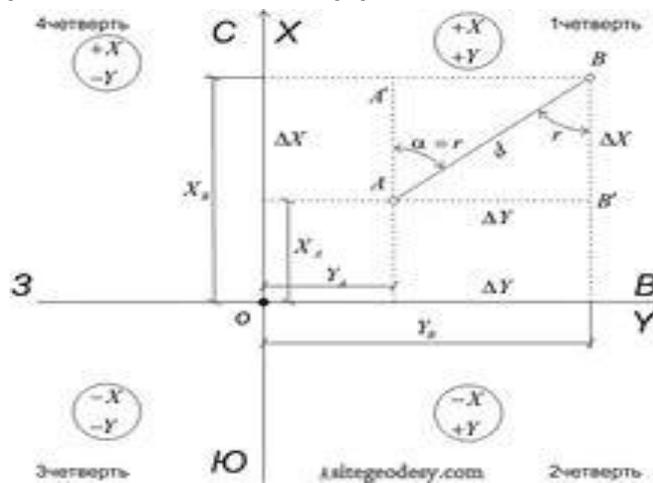


$$\alpha_{CD} = \alpha_{BC} + \beta_{\text{лев}} - 180^\circ$$

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BC} - \beta_{\text{пр}} + 180^\circ$$

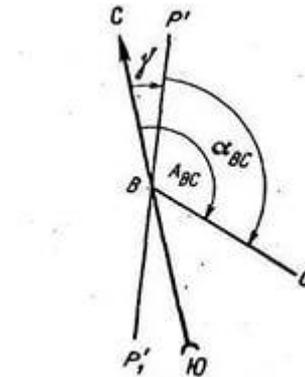
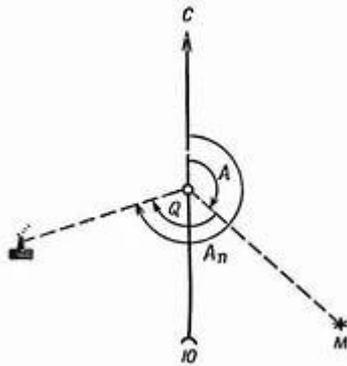
2) из решения обратной геодезической задачи по известным координатам

$$\alpha = \arcsin(\Delta y / \Delta x)$$



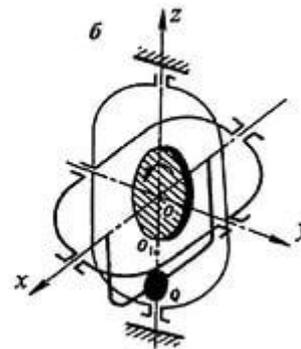
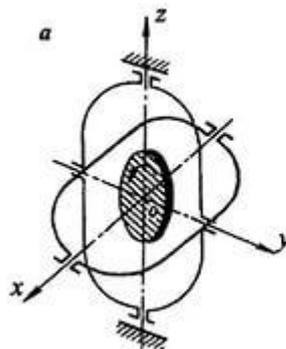
Определение дирекционного угла направления

3) из астрономических наблюдений



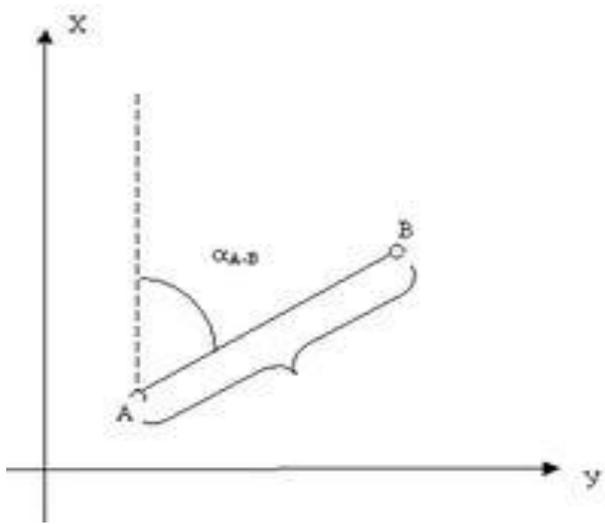
$$\alpha = A - \gamma$$

4) из автономных определений



СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК НА МЕСТНОСТИ

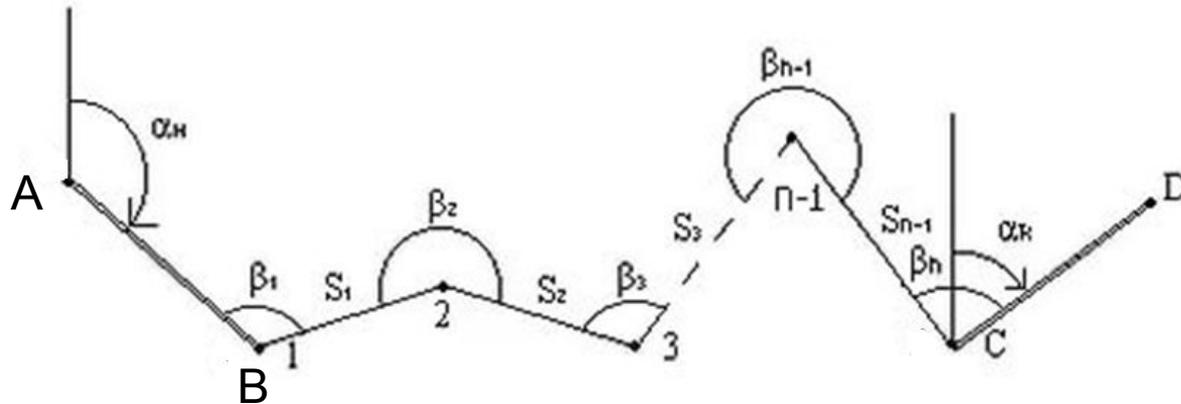
- Определение **прямоугольных координат** точки по непосредственно измеренным величинам длины линии и горизонтального угла.



$$\begin{aligned} X_B &= X_A + \Delta x_{AB} \\ Y_B &= Y_A + \Delta y_{AB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta x_{AB} &= s_{AB} \cdot \text{Cos } \alpha_{AB} \\ \Delta y_{AB} &= s_{AB} \cdot \text{Sin } \alpha_{AB} \end{aligned}$$

Геодезический ход



Исходные данные

$\alpha_{\text{нач}}$ - начальный дирекционный угол

$\alpha_{\text{кон}}$ - конечный дирекционный угол

Измеренные величины

β - Горизонтальные углы

S - Длины линий

Передача (определение) прямоугольных координат

1. Геодезический ход:

Классификация:

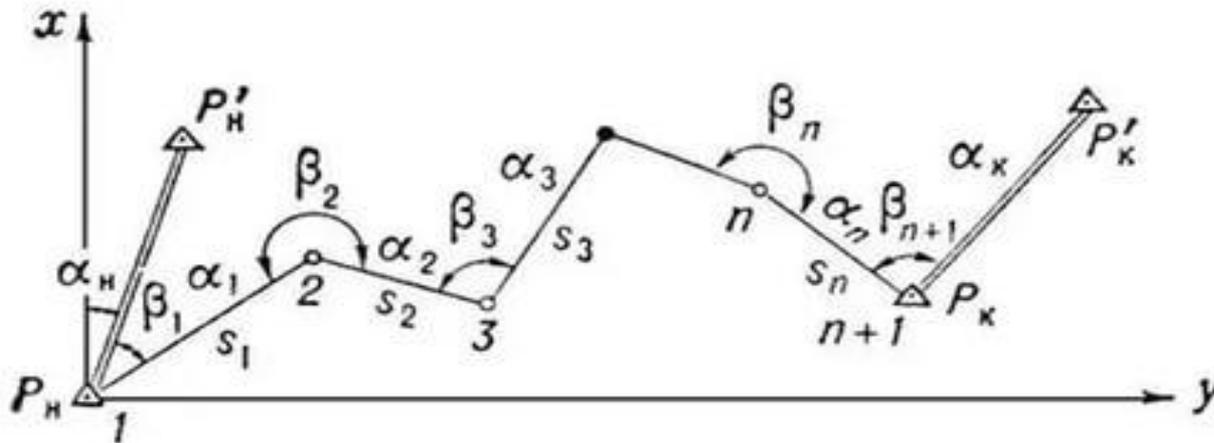
а) *теодолитный ход*

($m_{s/s} > 1:5000$, $m_{\beta} > 10''$)

б) *полигонометрический ход*

($m_{s/s} \leq 1:5000$, $m_{\beta} \leq 10''$)

(*полигонометрия* (от [греч.](#) polygonos — многоугольный и ...метрия)



Исходные пункты Δ : *начальный* P_n
конечный P_k

Определяемые пункты \circ
 Станции прибора $1, 2, 3, \dots, n, n+1$

Исходные данные:

координаты: начального пункта

конечного пункта

дирекционные углы: начальный α_n

конечный α_k

Измеренные данные:

горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n, \beta_{n+1}$

длины сторон $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$

Передача (определение) прямоугольных координат

2. Засечки:

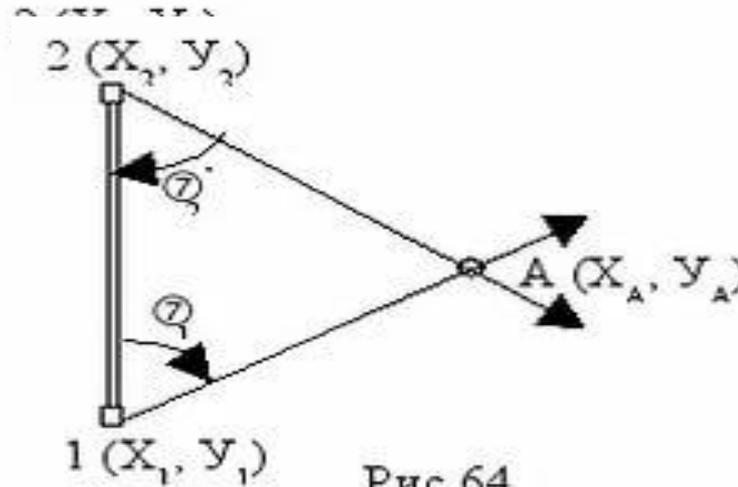


Рис. 64

Классификация:

а) по видам измерения

- Угловая
- Линейная
- Линейно-угловая

б) по месту станции прибора

- Прямая
- Обратная
- Комбинированная

в) по количеству исходных пунктов

- Аналитическая
- Графическая

г) по способу определения

- Однократная
- Многократная

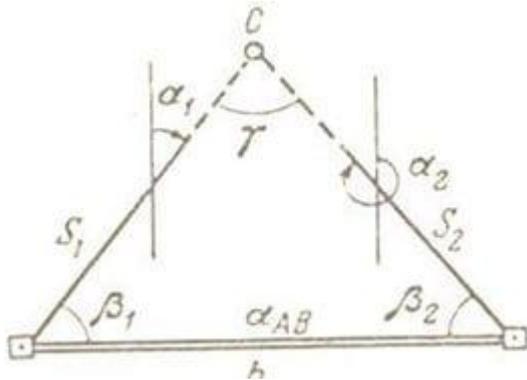
Передача (определение) прямоугольных координат

- Прямая угловая засечка

а) однократная

НЕ МЕНЕЕ

2-х исходных пунктов

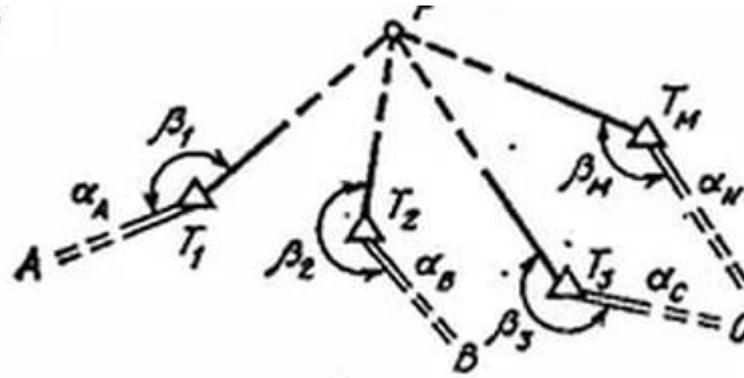


$$X = \frac{X_A * \text{Ctg} \beta_2 + X_B * \text{Ctg} \beta_1 - Y_A + Y_B}{\text{Ctg} \beta_1 + \text{Ctg} \beta_2};$$

$$Y = \frac{Y_A * \text{Ctg} \beta_2 + Y_B * \text{Ctg} \beta_1 + X_A - X_B}{\text{Ctg} \beta_1 + \text{Ctg} \beta_2}.$$

б) многократная

3 и более исходных пункта



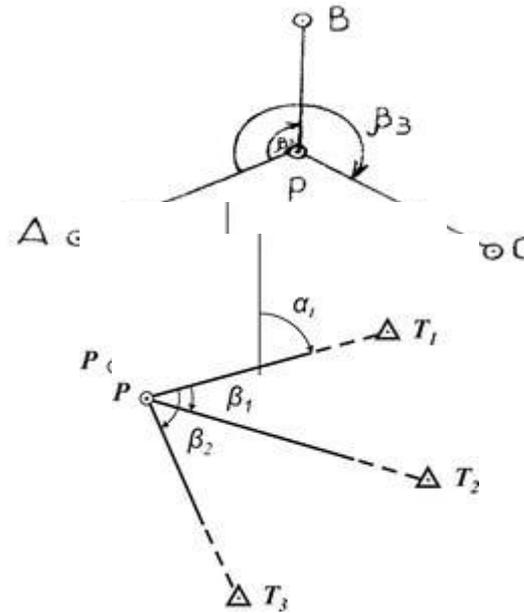
Передача (определение) прямоугольных координат

- Обратная засечка

а) однократная

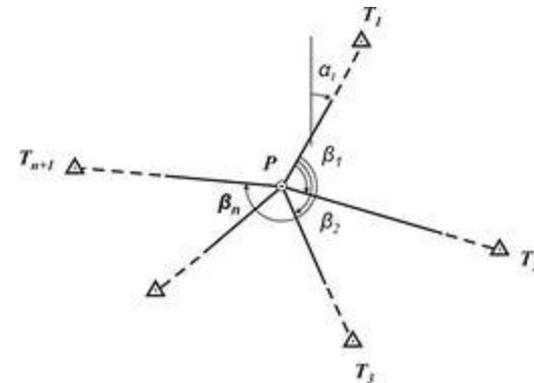
НЕ МЕНЕЕ

3-х исходных пункта

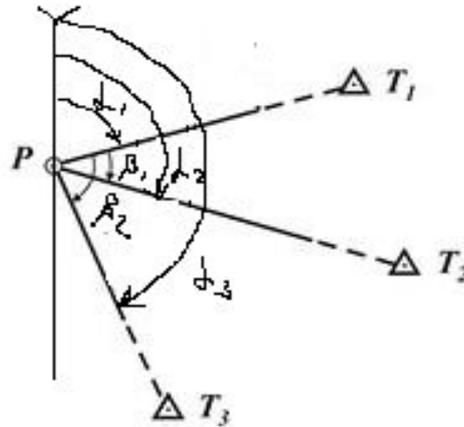


б) многократная

4 и более исходных пунктов



Теория обратной засечки



Исходные данные:

Координаты исходных точек

$$X_{T1}, Y_{T1}$$

$$X_{T2}, Y_{T2}$$

$$X_{T3}, Y_{T3}$$

Измеренные величины:

Горизонтальные углы

$$\beta_1, \beta_2$$

Определяемые величины:

$$X_P, Y_P$$

Дирекционные углы:

$$\alpha_1, \alpha_2 = \alpha_1 + \beta_1, \alpha_3 = \alpha_1 + \beta_2$$

Уравнения:

1. $tg \alpha_1 = \frac{Y_{T1} - Y_P}{X_{T1} - X_P}$
2. $tg \alpha_2 = \frac{Y_{T2} - Y_P}{X_{T2} - X_P}$
3. $tg \alpha_3 = \frac{Y_{T3} - Y_P}{X_{T3} - X_P}$

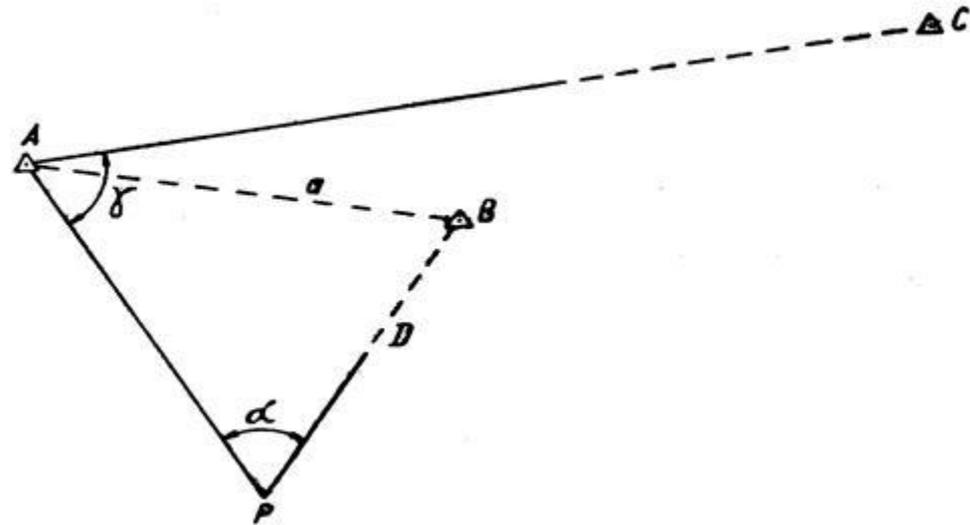
$$tg \alpha_{AP} = \frac{\Delta Y_0}{\Delta X_0} = \frac{\Delta Y_{AP} ctg \beta_2 + \Delta Y_{CA} ctg \beta_3 + \Delta X_{BC}}{\Delta X_{AB} ctg \beta_2 + \Delta X_{CA} ctg \beta_3 + \Delta Y_{CB}}$$

$$X_P = \frac{X_A tg \alpha_{AP} - X_B tg \alpha_{BP} + Y_B - Y_A}{tg \alpha_{AP} - tg \alpha_{BP}}$$

$$Y_P = Y_A + (X_P - X_A) tg \alpha_{AP}$$

Передача (определение) прямоугольных координат

- Комбинированная засечка



Однократная засечка – число измеренных величин равно числу неизвестных

$$n_{\text{изм}} = n_{\text{неизв}}$$

Многократная засечка – число измеренных величин превышает число неизвестных

$$n_{\text{изм}} > n_{\text{неизв}}$$

Пример: Прямая засечка: $n_{\text{неизв}} = 2$

однократная $n_{\text{изм}} = 2$

многократная $n_{\text{изм}} > 2$

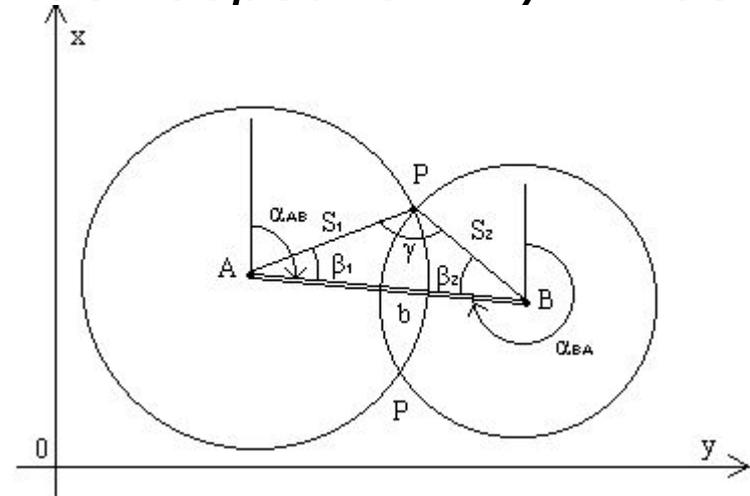
14.03.2018 Обратная засечка: $n_{\text{неизв}} = 2$

однократная $n_{\text{изм}} = 2$

многократная $n_{\text{изм}} > 2$

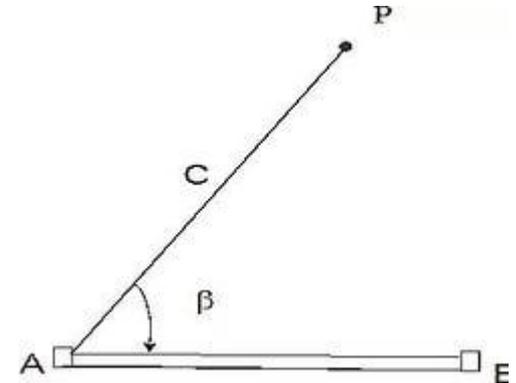
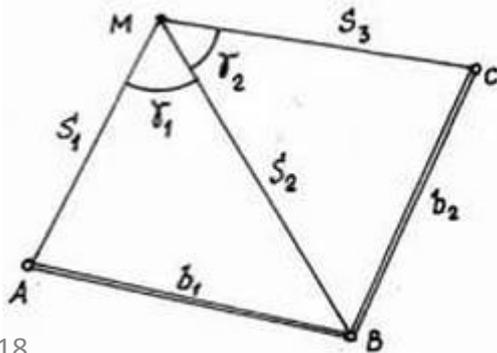
Передача (определение) прямоугольных координат

- Угловые засечки - вычисление координат пунктов по **измеренным горизонтальным углам**
- Линейные засечки - вычисление координат пунктов по **измеренным линиям**



Полярная

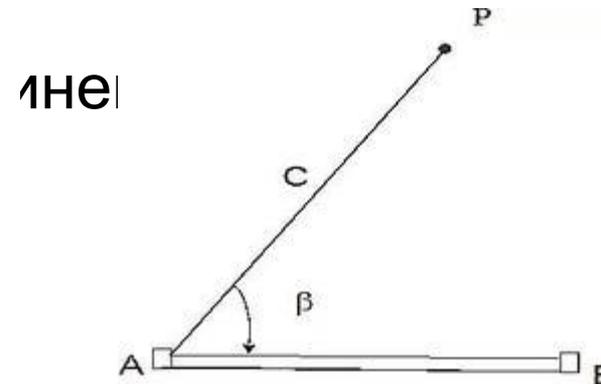
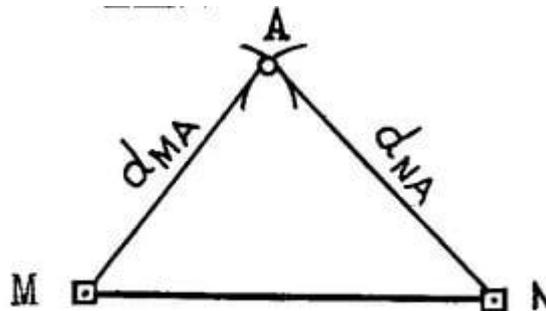
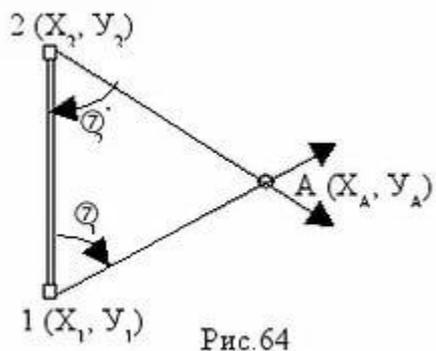
- Линейно-угловые засечки
Обратная



Передача (определение) прямоугольных координат

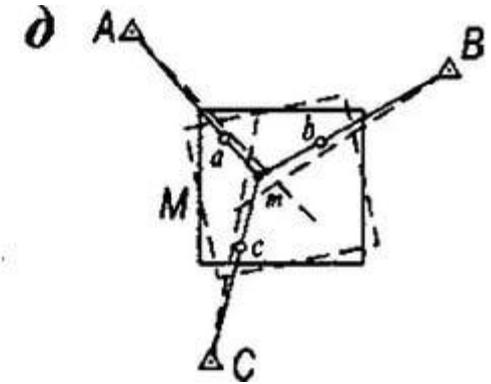
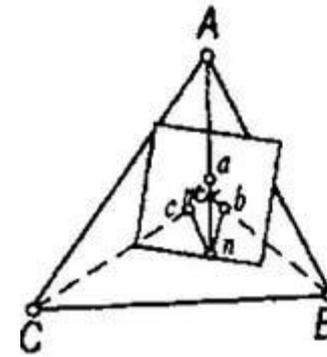
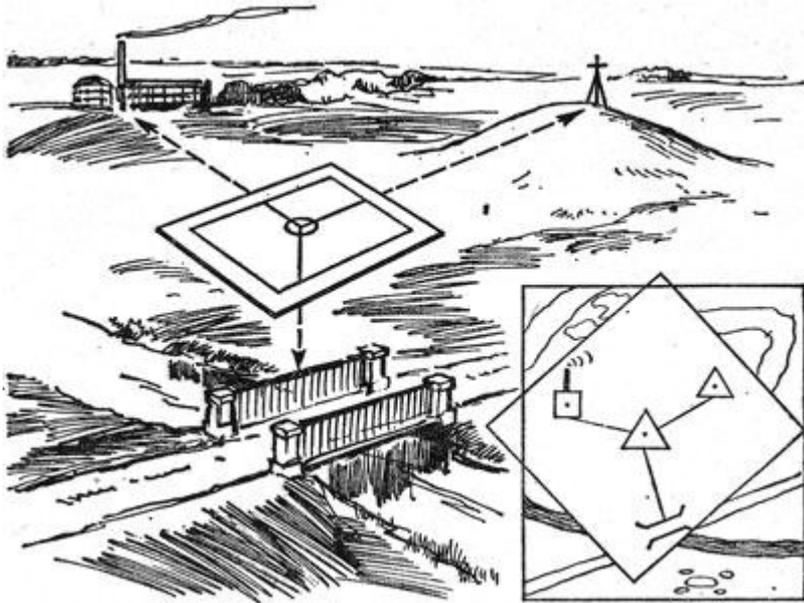
- Аналитические засечки – аналитическое определение координат по формулам по исходным координатам и измеренным горизонтальным углам или линиям
- Графические засечки – графическое определение местоположения пунктов на планах и картах:

а) по измеренным горизонтальным углам и длинам линий



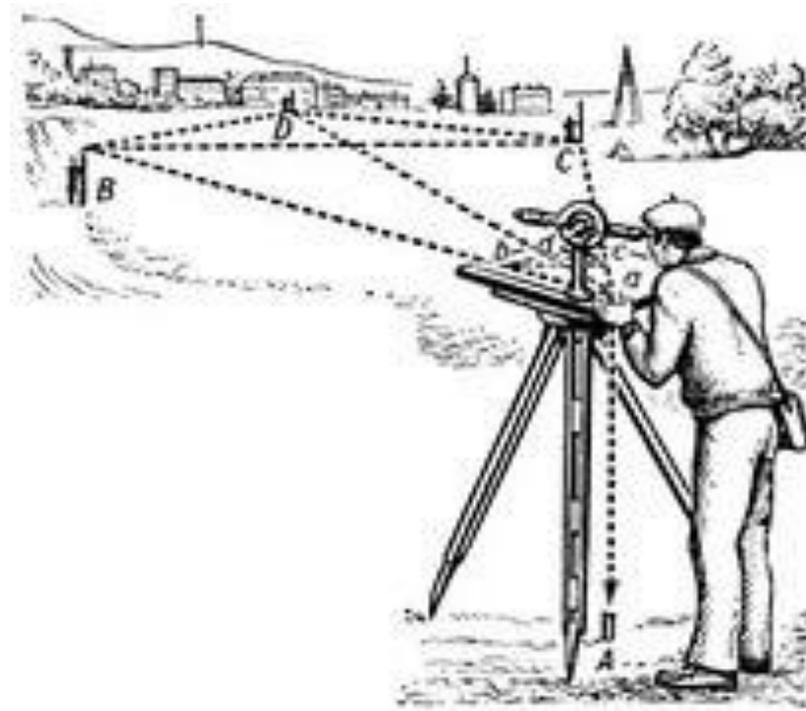
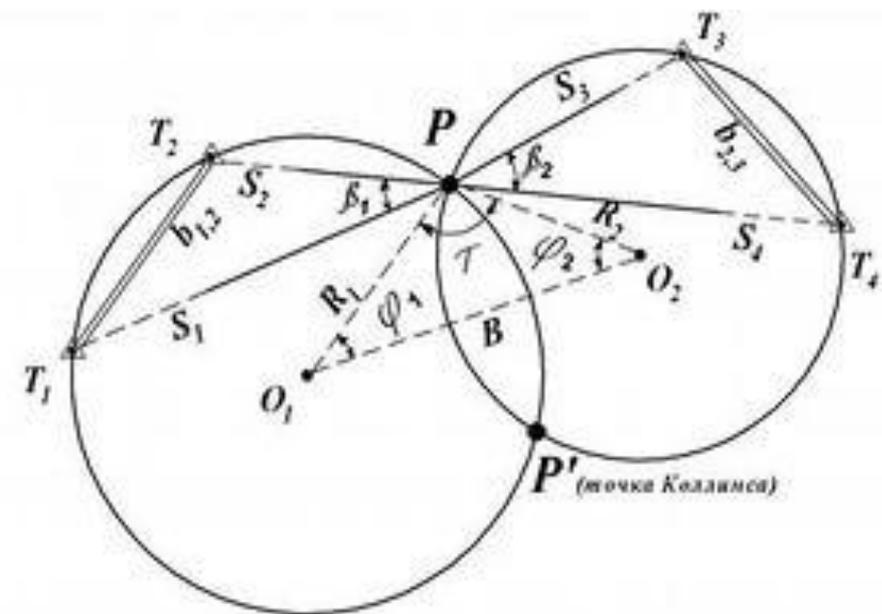
Передача (определение) прямоугольных координат

- б) непосредственно по графическим построениям
- решение обратной засечки способом Болотова



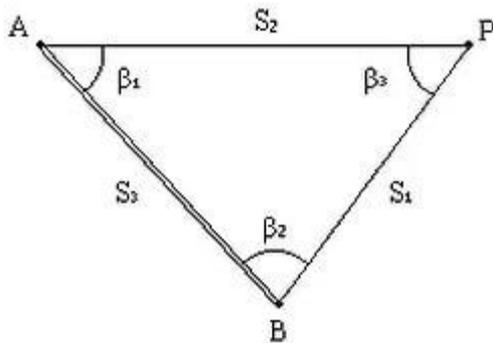
Передача (определение) Прямоугольных координат

-решение обратной засечки графическими построениями
(в 1692 году [французский](#) математик Л. Потенот- задача Потенота)



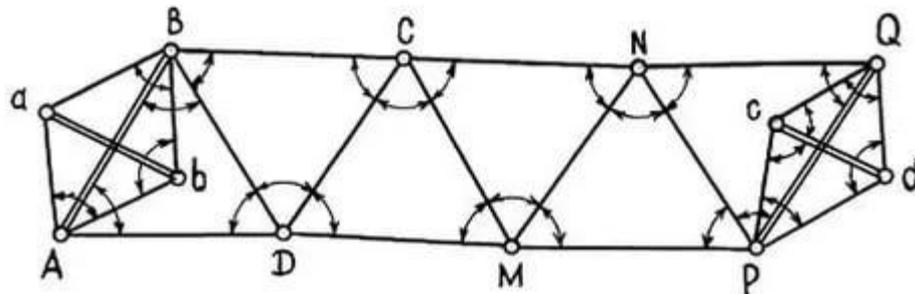
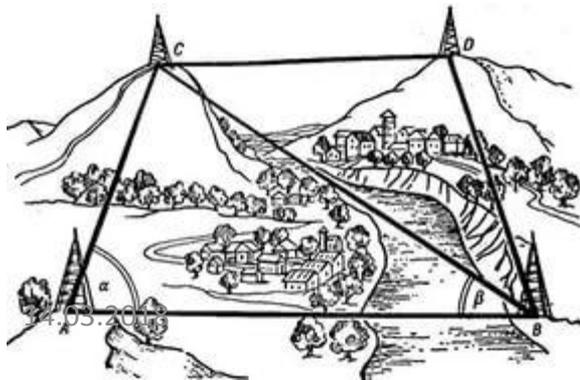
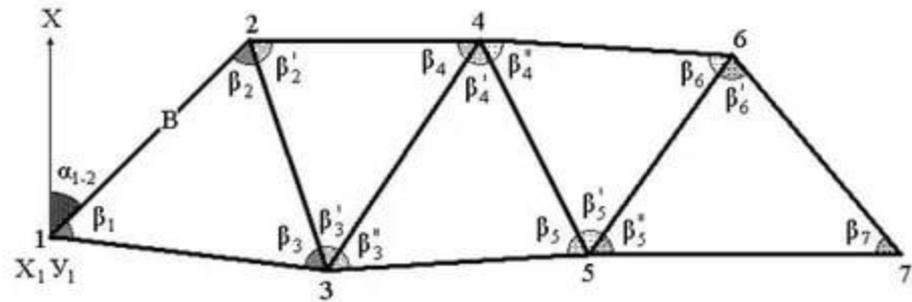
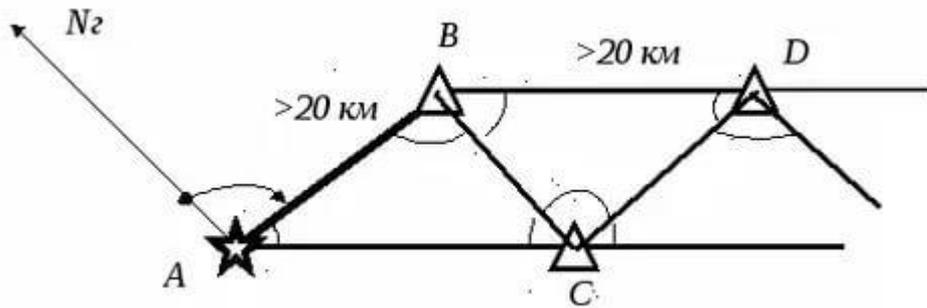
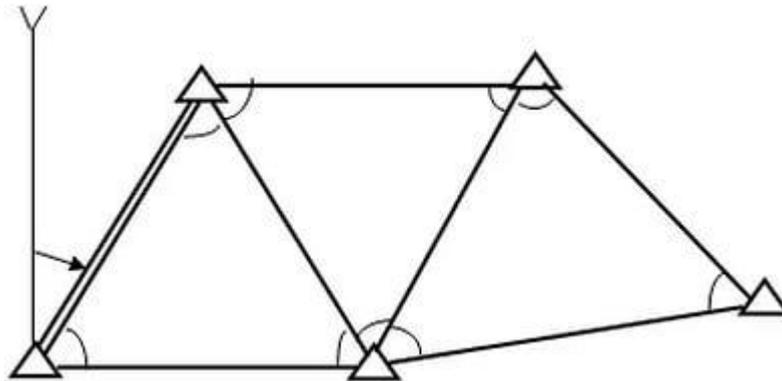
Триангуляция

- **Триангуляция** ([лат.](#) *triangulatio* = покрытие треугольниками):– метод определения планового положения геодезических пунктов путем построения на местности сети треугольников.



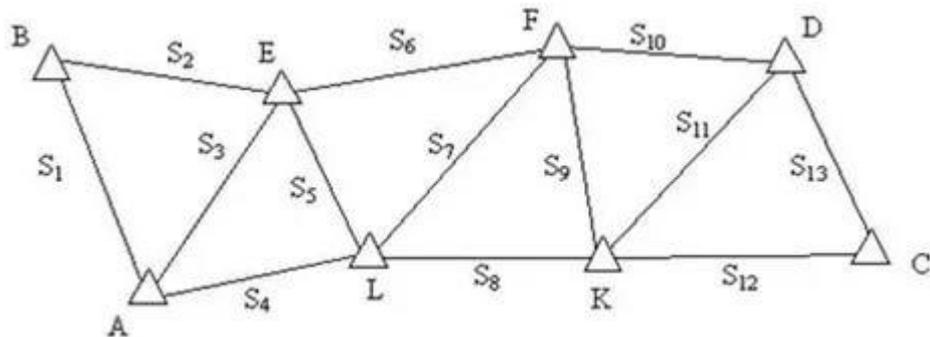
Длины сторон треугольника вычисляют по формуле синусов.
Дирекционные углы вычисляют по измеренным горизонтальным углам

Триангуляция

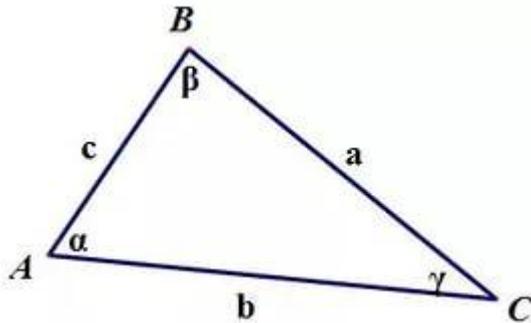


Трилатерация

- **Трилатерация** ([лат.](#) *trilaterus* — трёхсторонний) — метод определения положения [геодезических](#) пунктов путём построения на местности системы смежных треугольников, в которых измеряются длины их сторон



Трилатерация

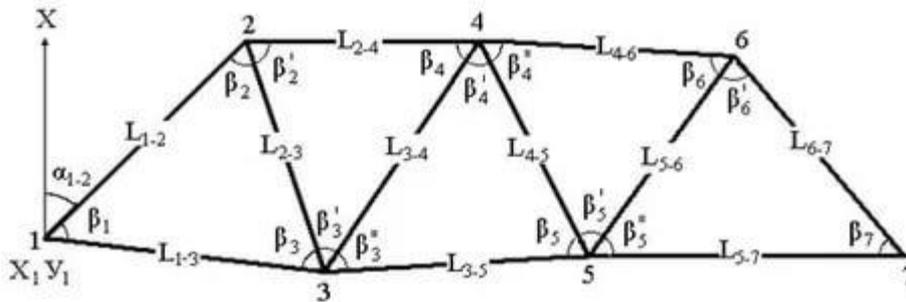


$$\cos \alpha = (b^2 + c^2 - a^2) / 2bc$$

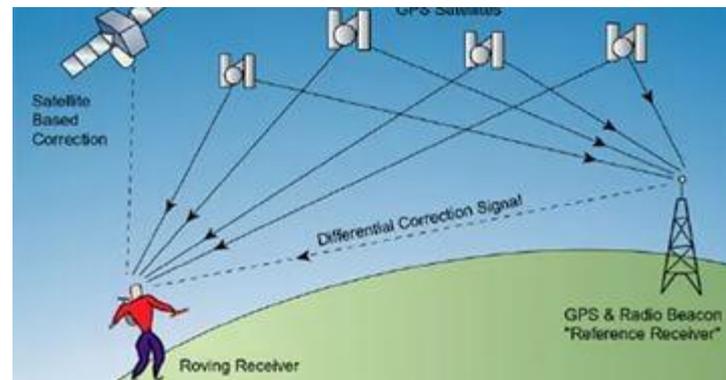
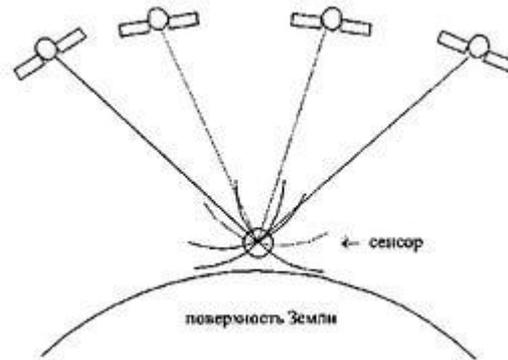
Длины сторон треугольников
измеряются

Углы треугольников вычисляются
по формуле косинусов.

Дирекционные углы
вычисляются по вычисленным
горизонтальным углам



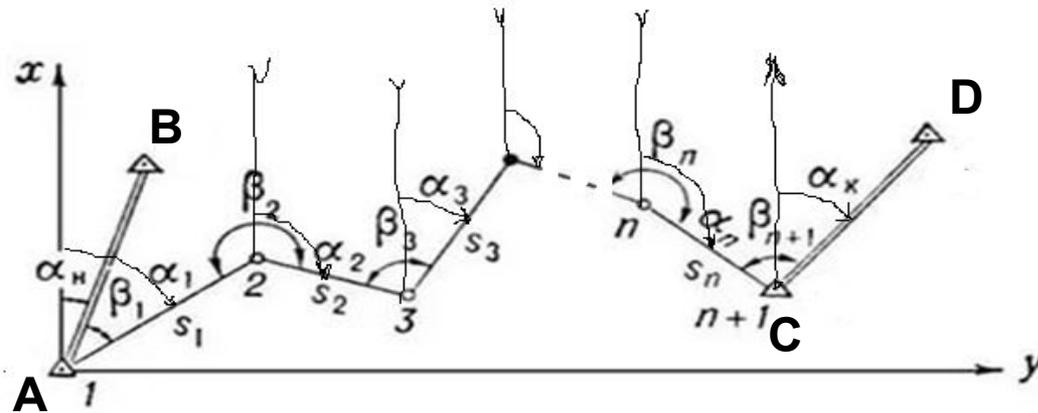
Спутниковые определения



Принцип работы спутниковых систем навигации основан на измерении [расстояния](#) от [антенны](#) на пункте ([координаты](#) которого необходимо получить) до [спутников](#), положение которых известно с большой [точностью](#).

Таким образом, зная [расстояния](#) до нескольких спутников системы, с помощью обычных геометрических построений можно вычислить координаты Пункта в принятой системе координат.

Вычисление координат точек теодолитного (тахеометрического) хода



$$X_2 = X_A + \Delta x_{A-2}$$

$$Y_2 = Y_A + \Delta y_{A-2}$$

$$X_3 = X_2 + \Delta x_{2-3}$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta y_{2-3}$$

...

$$X_{i+1} = X_i + \Delta x_{i-i+1}$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta y_{i-i+1}$$

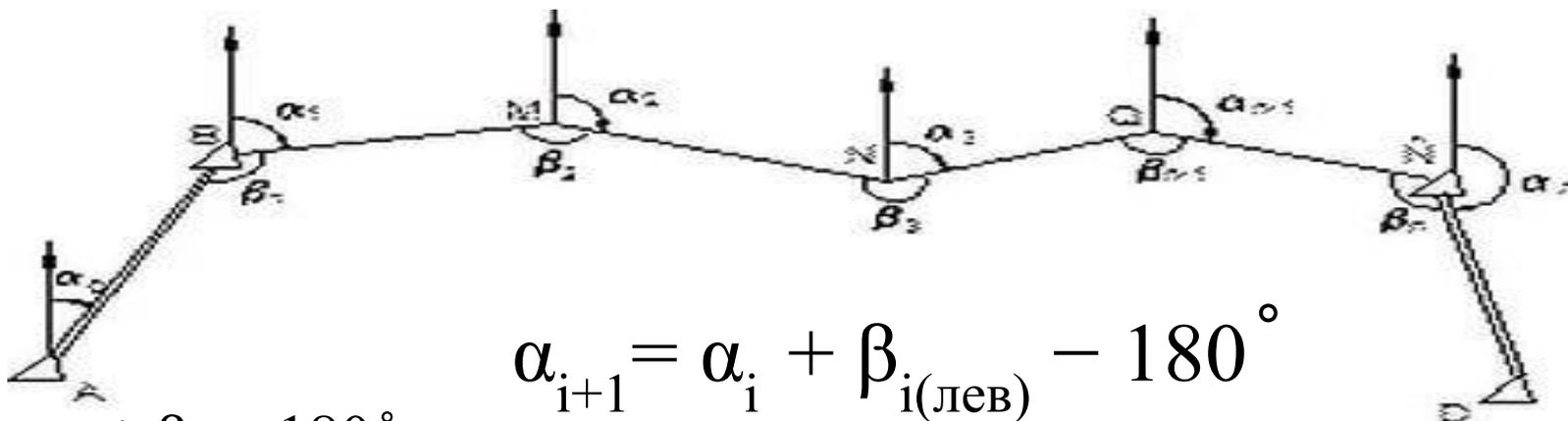
$$\Delta x = s \cdot \cos \alpha$$

$$\Delta y = s \cdot \sin \alpha$$

Угловая невязка:

• Разомкнутый

ХОД



$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{i(\text{лев})} - 180^\circ$$

$$\alpha_1 = \alpha_H + \beta_1 - 180^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \beta_2 - 180^\circ$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + \beta_3 - 180^\circ$$

.....

$$\alpha_K = \alpha_n + \beta_n - 180^\circ$$

$$\alpha_K = \alpha_H + \sum \beta_{\text{теор.}} - 180^\circ \cdot n$$

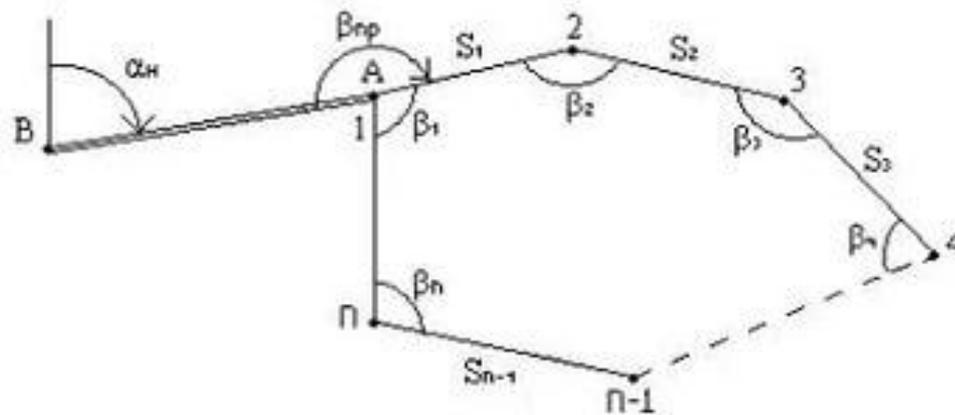
$$\sum \beta_{\text{теор.}} = \alpha_K - \alpha_H + 180^\circ \cdot n$$

$$f_\beta = \sum \beta_{\text{изм.}} - \sum \beta_{\text{теор.}}$$

$$\sum \beta_{\text{изм.}} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_n$$

$$\sum \beta_{\text{теор.}} = \alpha_K - \alpha_H + 180^\circ \cdot (n+1)$$

• ЗАМКНУТЫЙ ХОД



$$\sum \beta_{\text{теор.}} = 180^\circ (n-2)$$

1. Контроль полевых измерений горизонтальных углов

- Вычисляют угловую невязку:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм.}} - \sum \beta_{\text{теор.}}$$

ЗНАК НЕВЯЗКИ -----

«То, что есть **МИНУС**, то, что должно

быть»

- Сравнивают с **допустимой** невязкой

$$f_{\beta} \leq \text{доп } f_{\beta}$$

$$\text{доп } f_{\beta} = 1.5 \cdot t \cdot \sqrt{n}$$

(Например, 2Т30П; $t = 30''$);

2. Исправление измеренных горизонтальных углов

- вычисление поправок v_{β_i}
$$v_{\beta_i} = -\frac{f_{\beta}}{n}.$$

- контроль вычисления поправок
$$\sum_1^n v_{\beta_i} = -f_{\beta}.$$

- вычисление исправленных горизонтальных углов
$$\beta_{i \text{ (испр)}} = \beta_{i \text{ (изм)}}^{\text{лев}} + v_{\beta_i}$$

- контроль вычисления исправленных горизонтальных углов

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

3. Вычисление дирекционных углов

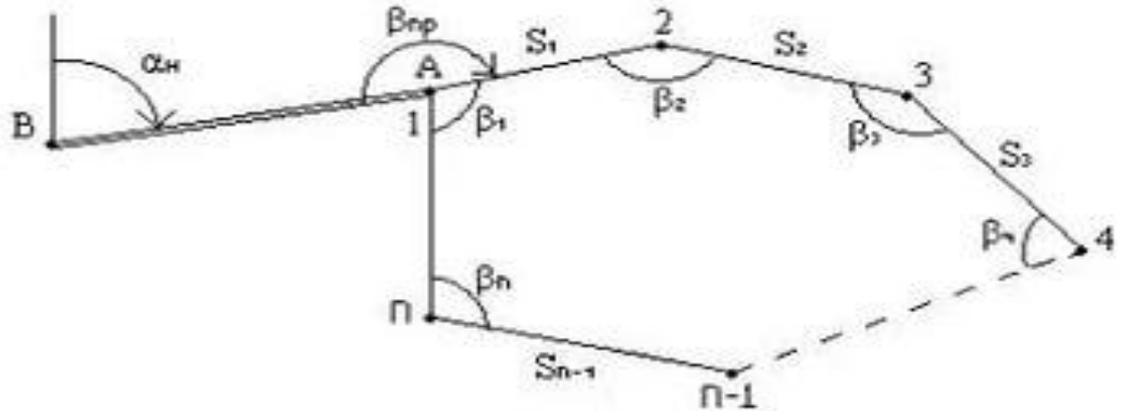
$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{i(\text{испр.})}^{\text{лев}} - 180^\circ$$

- контроль вычисления дирекционных углов

$$\alpha_{\text{к(выч)}} = \alpha_{\text{к(исх)}}$$

4. Вычисление приращений координат (абсцисс и ординат)

- замкнутый
ход



$$\Delta x_{\text{выч}} = S_{\text{изм}} \cdot \cos \alpha$$

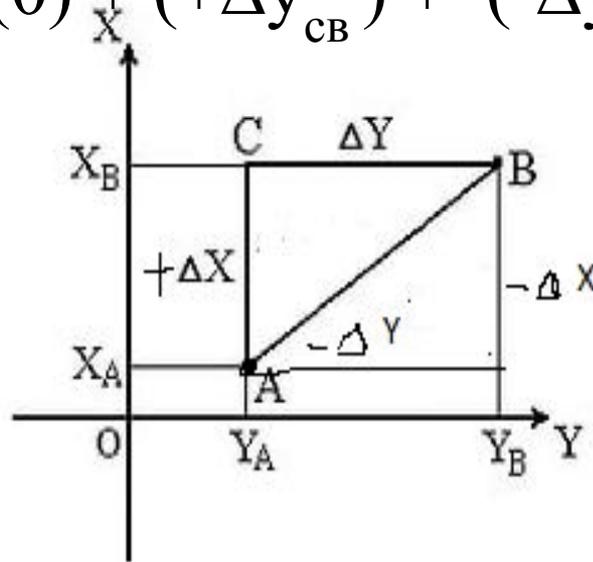
$$\Delta y_{\text{выч}} = S_{\text{изм}} \cdot \sin \alpha$$

Линейные невязки : абсцисс ($f_{\Delta x}$) и ординат ($f_{\Delta y}$)

$$f_{\Delta x} = \sum \Delta x_{\text{выч}} - \sum \Delta x_{\text{теор}} \quad f_{\Delta y} = \sum \Delta y_{\text{выч}} - \sum \Delta y_{\text{теор}}$$

$$\sum \Delta x_{\text{теор}} = (+\Delta x_{AC}) + (0) + (-\Delta x_{BA}) = 0$$

$$\sum \Delta y_{\text{теор}} = (0) + (+\Delta y_{CB}) + (-\Delta y_{AC}) = 0$$



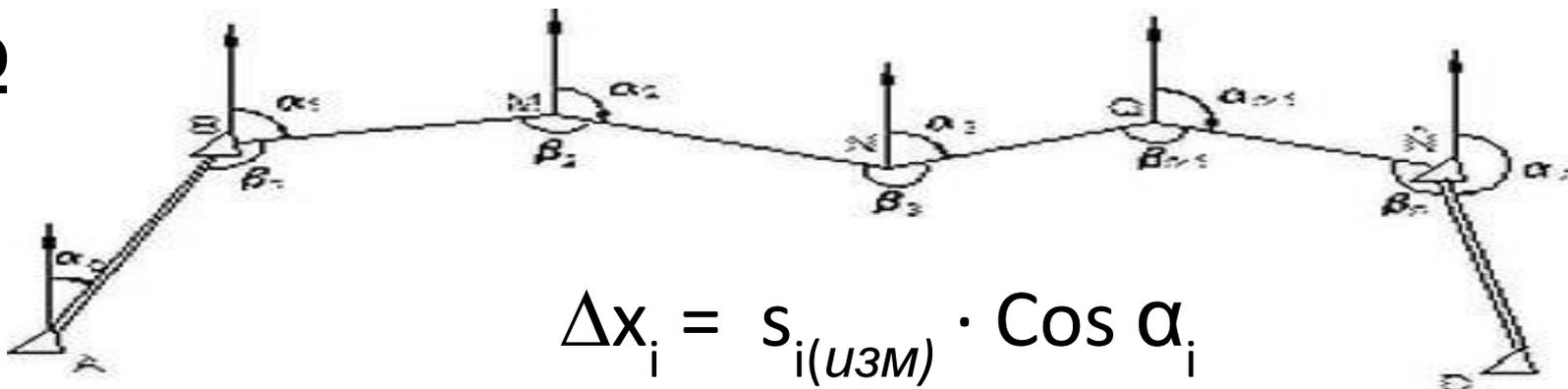
$$f_{\Delta x} = \sum \Delta x_{\text{выч}}; \quad f_{\Delta y} = \sum \Delta y_{\text{выч}}$$

$$\sum \Delta x_{\text{выч}} = \Delta x_1 \Delta x_2 \Delta x_3 \dots \Delta x_n$$

$$\sum \Delta y_{\text{выч}} = \Delta y_1 \Delta y_2 \Delta y_3 \dots \Delta y_n$$

Разомкнутый

ХО



$$\Delta x_i = S_{i(УЗМ)} \cdot \text{Cos } \alpha_i$$

$$\Delta y_i = S_{i(УЗМ)} \cdot \text{Sin } \alpha_i$$

$$f_{\Delta x} = \sum \Delta x_{\text{выч}} - \sum \Delta x_{\text{теор}} \quad f_{\Delta y} = \sum \Delta y_{\text{выч}} - \sum \Delta y_{\text{теор}}$$

$$\sum \Delta x_{\text{теор}} = X_{\text{к(исх)}} - X_{\text{н(исх)}}$$

$$\sum \Delta y_{\text{теор}} = Y_{\text{к(исх)}} - Y_{\text{н(исх)}}$$

$$\sum \Delta x_{\text{выч}} = \Delta x_1 \Delta x_2 \Delta x_3 \dots \Delta x_n$$

$$\sum \Delta y_{\text{выч}} = \Delta y_1 \Delta y_2 \Delta y_3 \dots \Delta y_n$$

Абсолютная линейная невязка хода

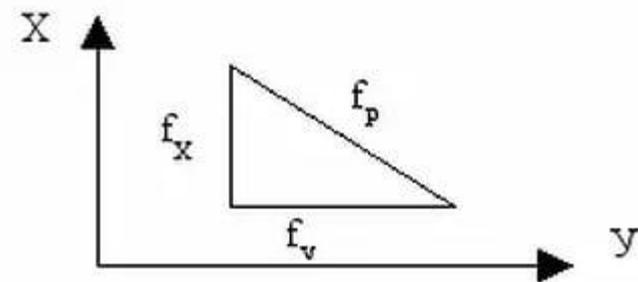
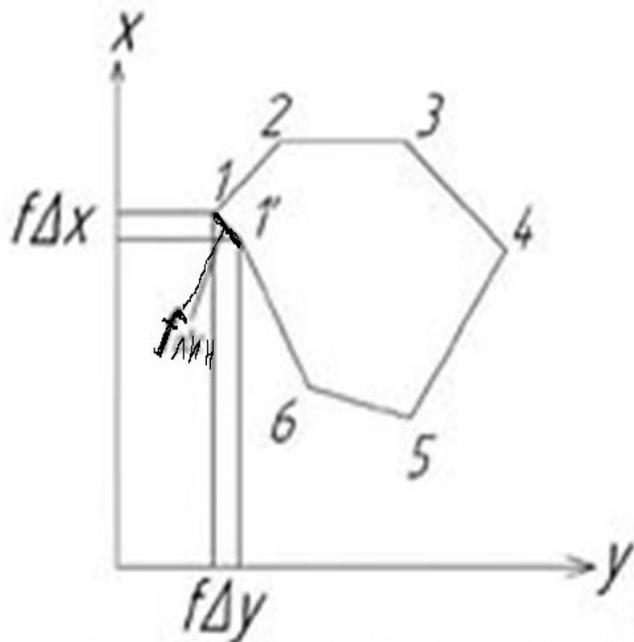


Рис.40

Абсолютная невязка (в периметре хода)

$$f_s = \sqrt{(f_{\Delta x})^2 + (f_{\Delta y})^2}$$

Относительная невязка (в периметре хода)

$$\frac{f_s}{\sum_1^n S} = \frac{1}{\sum_1^n S / f_s} = \frac{1}{T}$$

$\sum S$ – периметр (длина)
хода

5. Контроль результатов полевых линейных измерений

Вычисляют линейные невязки:

Абсцисс: $f_{\Delta x} = \sum \Delta x_{\text{выч}} - \sum \Delta x_{\text{теор}}$

Ординат: $f_{\Delta y} = \sum \Delta y_{\text{выч}} - \sum \Delta y_{\text{теор}}$

Абсолютную линейную: $f_s = \sqrt{(f_{\Delta x})^2 + (f_{\Delta y})^2}$
$$\frac{f_s}{\sum_1^n s} = \frac{1}{\sum_1^n s / f_s} = \frac{1}{T}$$

Относительную линейную

Сравнивают с допустимой невязкой:

$$1/T \leq \text{доп. } 1/T$$

6. Исправление вычисленных приращений

координат

- вычисление поправок $v_{\Delta x_i}, v_{\Delta y_i}$

$$v_{\Delta x_i} = -\frac{f_x}{\sum_1^s s} s_i; \quad v_{\Delta y_i} = -\frac{f_y}{\sum_1^s s} s_i.$$

- контроль вычисления поправок:

$$\begin{aligned} \sum v_{\Delta x_i} &= -f_{\Delta x} \\ \sum v_{\Delta y_i} &= -f_{\Delta y} \end{aligned}$$

- вычисление исправленных приращений координат:

$$\begin{aligned} \Delta x_{испр_i} &= \Delta x_{выч_i} + v_{\Delta x_i} \\ \Delta y_{испр_i} &= \Delta y_{выч_i} + v_{\Delta y_i} \end{aligned}$$

- контроль вычисления исправленных приращений координат:

$$\begin{aligned} \sum \Delta x_{испр} &= \sum \Delta x_{теор} \\ \sum \Delta y_{испр} &= \sum \Delta y_{теор} \end{aligned}$$

7. Вычисление прямоугольных координат

$$X_{i+1} = X_i$$

$$+ \Delta X_{испр}$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{испр}$$

- контроль вычисления прямоугольных координат

$$\begin{aligned} X_{к\ выч} &= X_{к\ исх} \\ Y_{к\ выч} &= Y_{к\ исх} \end{aligned}$$

Ведомость

вычисления прямоугольных координат теодолитного хода

№/№ верш.	Измерен. углы		Исправ. углы		Дирекци- онные углы		Гориз. про- ложен.	Вычисленные приращения				Исправленные приращения				Координаты				
	°	'	°	'	°	'		±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX	±	ΔY	±	X	±	Y	
1	2		3		4		5	6		7		8		9		10		11		
1	115	+0,5 27,5	115	28	<i>Замкнутый ход</i>														1234,15	854,03
2	154	+0,5 23,5	154	24	330	08	204,42	+	⁺⁸ 177,27	-	⁺⁶ 101,80	+	177,35	-	101,75	1411,50	752,28			
3	78	41	78	41	355	44	180,88	+	⁺⁷ 180,38	-	⁺⁴ 13,46	+	180,45	-	13,42	1591,95	738,86			
4	114	+0,5 01,5	114	02	97	03	279,84	-	⁺¹¹ 34,35	+	⁺⁶ 277,72	-	34,24	+	277,78	1557,71	1016,64			
5	141	+0,5 34,5	141	35	163	01	167,06	-	⁺⁶ 159,77	+	⁺³ 48,80	-	159,71	+	48,83	1398,00	1065,47			
6	115	50,0	115	50	201	26	163,62	-	⁺⁶ 152,30	-	⁺³ 59,79	-	152,24	-	59,76	1245,76	1005,71			
1					265	36	152,16	-	⁺⁶ 11,87	-	⁺³ 151,71	-	11,6	-	151,68	1234,15	854,03			
$f_{\text{визм}}$	719	58,0	720°						+ 357,65		+ 326,52									
							$P = 1147,98$		- 358,09		- 326,76									
$f_{\text{теор}} = 180^\circ(n-2) = 720^\circ$									$f_x = -0,44$		$f_y = -0,24$		$f_x = 0$		$f_y = 0$					
$f_{\beta} = \Sigma\beta_{\text{визм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} = -2,0'$																				

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(0,44)^2 + (0,24)^2} = 0,50$$

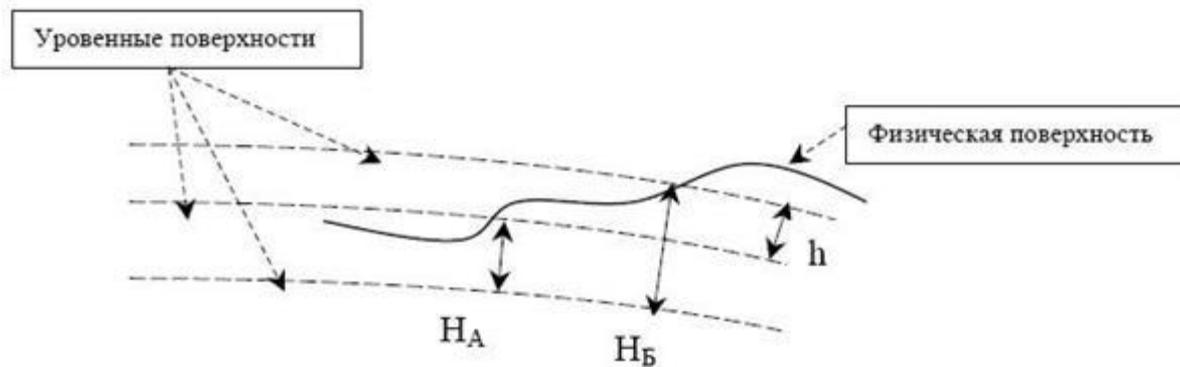
$$f_{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{6} = \pm 2'27''$$

$$\frac{f_p}{P} = \frac{0,50}{1147,98} = \frac{1}{1147,98 / 0,50} = \frac{1}{2296} \approx \frac{1}{2300} < \frac{1}{2000}$$

$$f_{\beta} < f_{\text{доп}}$$

Система высот

- *Высота* - расстояние по отвесной линии от уровенной поверхности до точки физической поверхности Земли.



Абсолютные высоты отсчитываются ведется от уровенной поверхности Земли (геоида)

Относительные высоты отсчитываются от произвольной уровенной поверхности

Превышение - разность высот двух точек

$$H_B = H_A + h_{AB}$$

Определение высот точек местности
Геодезические работы по измерению
превышений и вычислению высот точек
земной поверхности называются
нивелированием.

Нивелирование - это совокупность
геодезических измерений для
получения высот точек земной
поверхности или превышений.

- Геометрическое нивелирование
- Тригонометрическое нивелирование

Геометрическое нивелирование

- *Формула геометрического нивелирования*

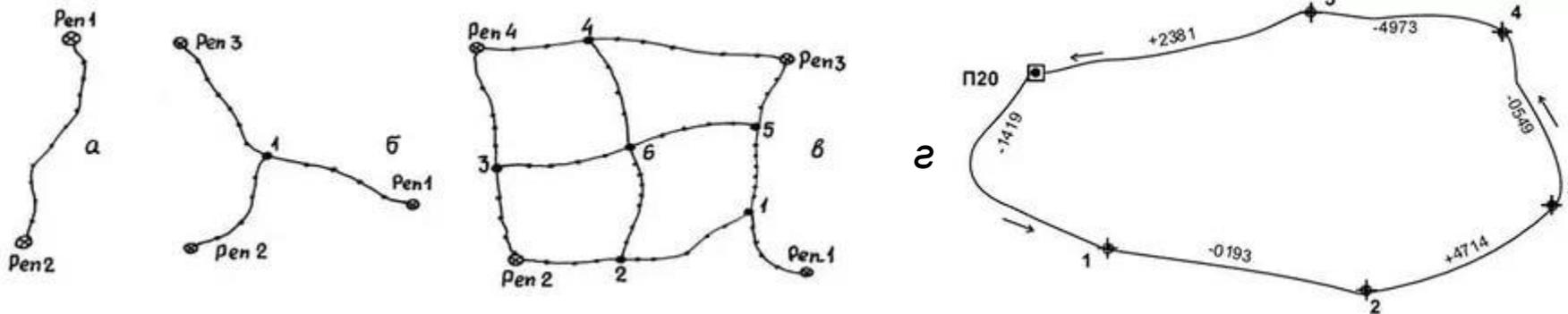
$$h = a - b$$

Передача (определение) высот геометрическим нивелированием - последовательное нивелирование



Нивелирный ход

Нивелирные ходы и сети



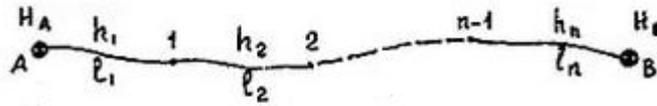
а) Одиночный разомкнутый нивелирный ход

б) Сеть нивелирных ходов с ОДНОЙ узловой точкой

в) Нивелирная сеть

г) Одиночный замкнутый нивелирный ход

Вычисление высот в нивелирном ходе



Нивелирный ход от Рп А до Рп В

1, 2, ..., n - секции

1, 2, ..., n - определяемые точки

Исходные данные:

A – начальный исходный репер,

B - конечный исходный репер

H_A , H_B – высоты исходных реперов

Измеренные величины:

h_1, h_2, \dots, h_n - превышения

l_1, l_2, \dots, l_n – длины секций

Вычисление высот в нивелирном ходе

1. Вычисление невязки в нивелирном ходе

$$f_h = \sum h_{\text{изм}} - \sum h_{\text{теор}} ;$$

где: $\sum h_{\text{изм}} = h_1 + h_2 + \dots + h_n ;$

$$\sum h_{\text{теор}} = H_{B(K)} - H_{A(H)}$$

2. Контроль измеренных превышений:
Сравнивают с допустимой невязкой

$$f_h \leq \text{доп } f_h$$

$$\text{доп } f_h = \Delta h_{\text{км(пред)}} \cdot \sqrt{L_{\text{км}}}$$

где: $\Delta h_{\text{км(пред)}}$ - предельная ошибка на 1 км хода;
 $L_{\text{км}} = l_1 + l_2 + \dots + l_n$ (длина хода)

3. Исправление измеренных превышений

- вычисление поправок

$$v_{hi} = \frac{-f h}{L} \cdot li$$

- контроль вычисления поправок

$$\sum v_{hi} = -f h$$

- вычисление исправленных превышений

$$h_{i(\text{исп})} = h_{i(\text{изм})} + v_{hi}$$

- контроль вычисления исправленных превышений

$$\sum h_{\text{испр.}} = \sum h_{\text{теор.}}$$

4. Вычисление высот точек

$$H_{i+1(\text{выч})} = H_i + h_{i(\text{исп})}$$

- контроль вычисления высот точек

$$H_{k(\text{выч})} = H_{k(\text{исх})}$$

Тригонометрическое нивелирование

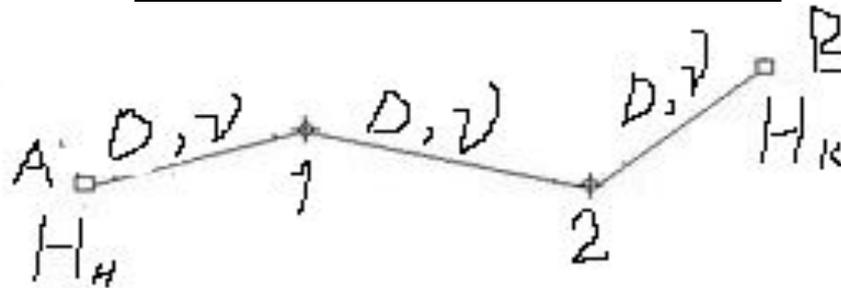
- *Формула тригонометрического нивелирования*

$$h = S \cdot \operatorname{tg} v + i - V \quad h = 1/2 D \cdot \sin 2v + i - V$$

Передача (определение) высот

тригонометрическим нивелированием

ВЫСОТНЫЙ ХОД



A, B – исходные точки, 1, 2 – определяемые точки

H_н, H_к – высоты исходных точек (*начальная, конечная*)

D, v – измеренные величины (*наклонные расстояния, вертикальные углы*)

Вычисление высот точек в высотном ходе

Высотный ход, проложенный по точкам теодолитного хода называется ***тахеометрическим*** ходом

Вычисление высот точек тахеометрического хода производится аналогично нивелирному ходу.

Допустимая невязка в превышениях тахеометрического хода вычисляется по формуле:

$$f_{h_{\text{доп}}} = 0,04 \frac{\sum s}{\sqrt{n}}, \quad \text{где } \sum s - \text{длина хода (м), а } n - \text{число сторон.}$$

Ведомость вычислений высот точек тахеометрического хода

Вершина	Горизонтальное проложение S	Превышение			Поправки	Уравнен. превыш.	Отметки
		прямое $h_{пр}$	обратное $h_{обр}$	среднее $h_{ср}$			
1	2	3	4	5	6	7	8
1							5000
2	204,42	-3,15	3,21	-3,18	-0,02	-3,2	46,80
3	180,88	-1,68	1,63	-1,66	-0,01	-1,67	45,13
4	279,84	5,78	-5,7	5,74	-0,03	5,71	50,84
5	167,06	1,07	-1,07	1,07	-0,01	1,06	51,90
6	163,62	-3,38	3,57	-3,48	-0,01	-3,49	48,41
1	152,16	1,66	-1,55	1,6	-0,01	1,59	5000

$P = 1147,98$

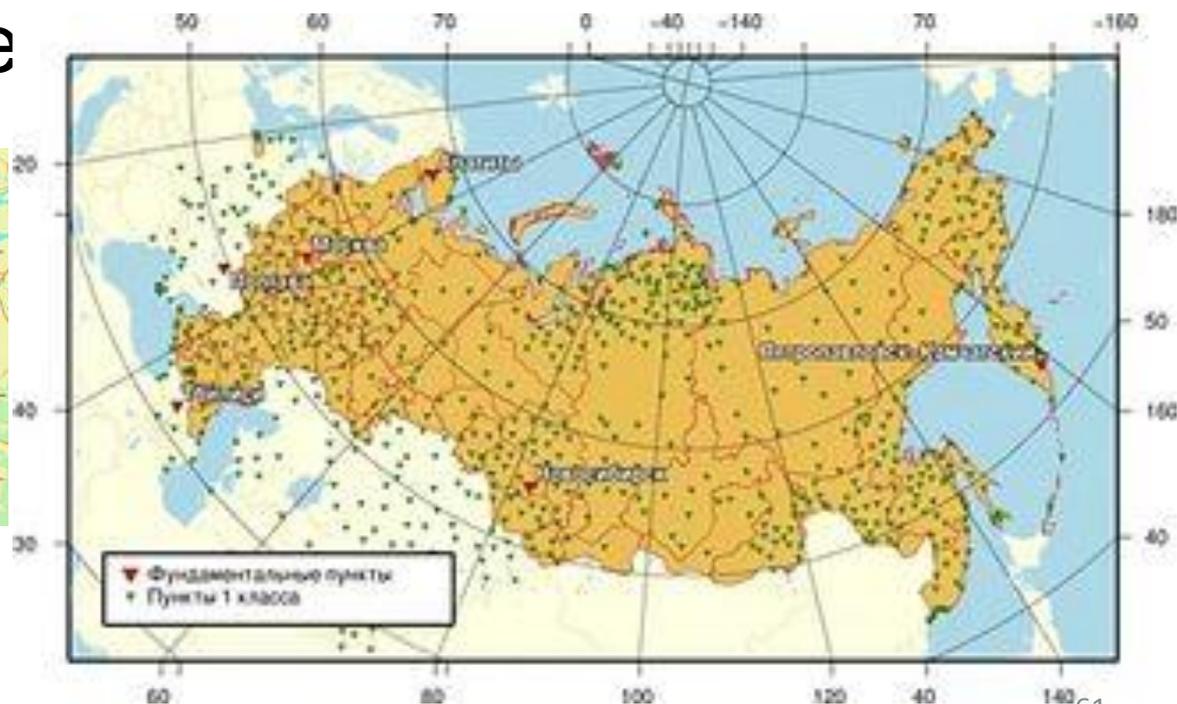
$$fh = \sum h_{ср} = +0,09 \text{ м}$$

$$fh_{доп} = \pm \frac{0,04 P_{100}}{\sqrt{n}} = \pm \frac{0,04 \cdot 11,48}{\sqrt{6}} = \pm 0,19 \text{ м.}$$

ЛЕКЦИЯ 4

Геодезические сети

- Геодезическая сеть-система, закрепленных на местности точек, положение которых определено в общей для них системе



Назначение геодезических сетей

- Геодезическая сеть предназначается для обеспечения топографо-геодезических и картографических работ **единой системой координат и высот** на данной территории.
- Геодезические сети становятся **основой** для осуществления любых геодезических измерений при выполнении технических, инженерных и научных задач.

Принцип построения геодезических сетей

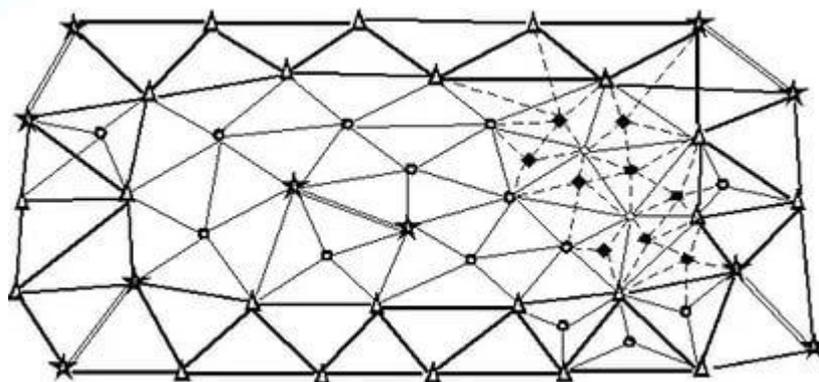
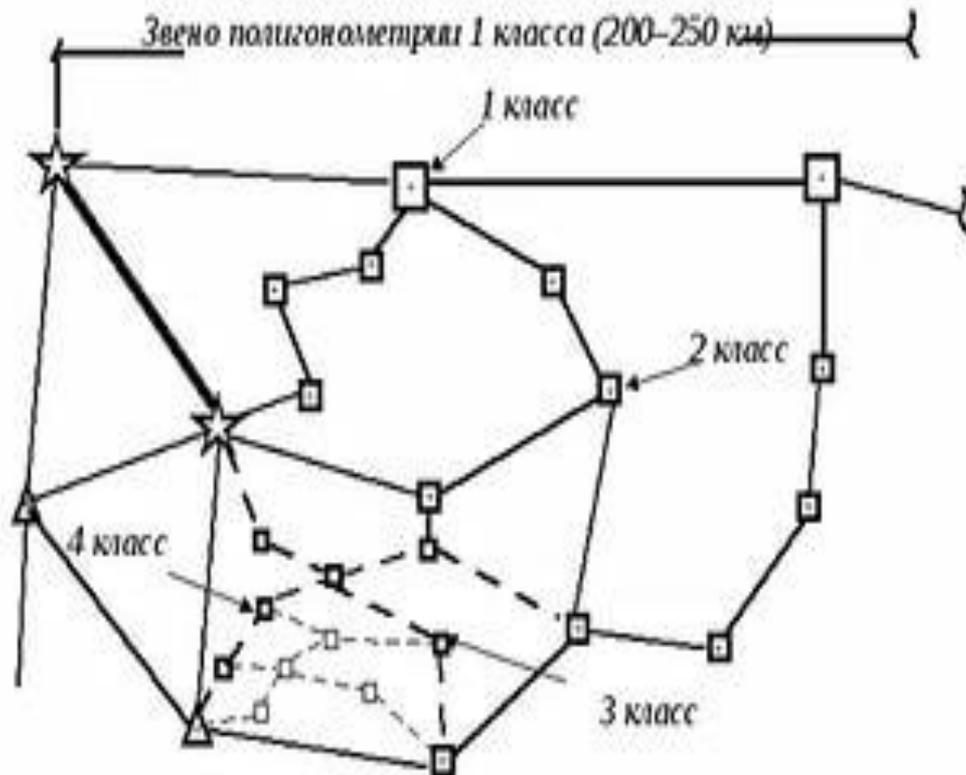
- Создание и развитие геодезических сетей осуществляется по **принципу перехода от общего к частному**, т.е. вначале на большой территории закладывается редкая сеть геодезических пунктов с очень высокой точностью, а затем эта сеть последовательно сгущается с уменьшением точности на каждой следующей ступени сгущения

ПРИНЦИП «От общего к частному»

Геодетические сети (1)
Схема построения государственных плановых
геодетических сетей 1, 2, 3, 4 классов
методом триангуляции

- Классы:
- ▲ — 1-й
 - △ — 2-й
 - — 3-й
 - — 4-й

www.koostend.ru

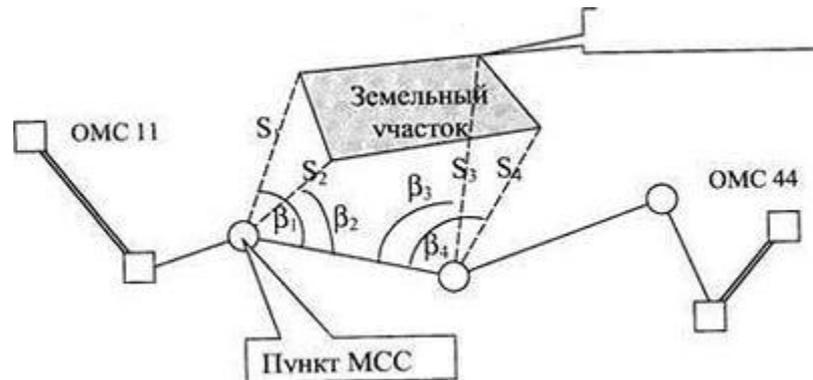
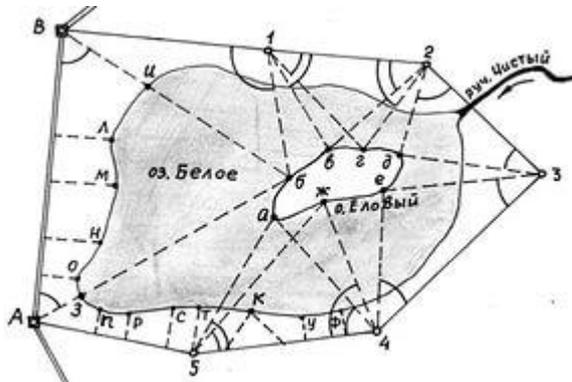
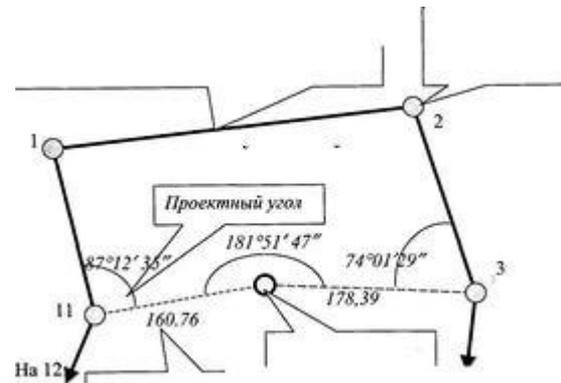
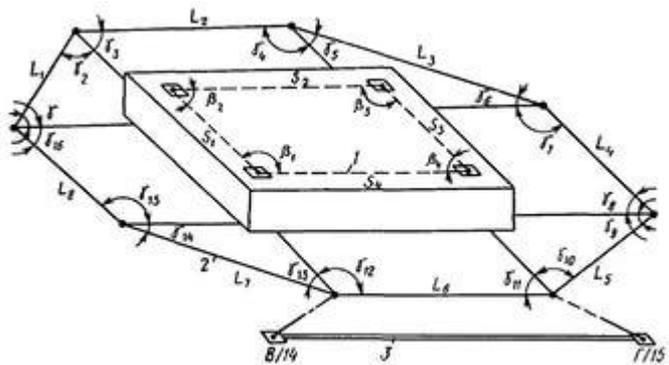


Классификация (виды) геодезических сетей

- Признаки:
 1. Назначение
 2. Геометрический
 3. Территориальный
 4. Способ построения
 5. Точность
 6. Принцип построения

-Назначение

- опорная сеть



-Геометрический

- Плановая сеть
- Высотная сеть
- планово-высотная сеть
- Пространственная сеть

Плановая сеть

- ***Плановые сети*** – это такие, в которых определены плановые координаты (плоские - x , y или геодезические - широта B и долгота L) пунктов.

Высотная сеть

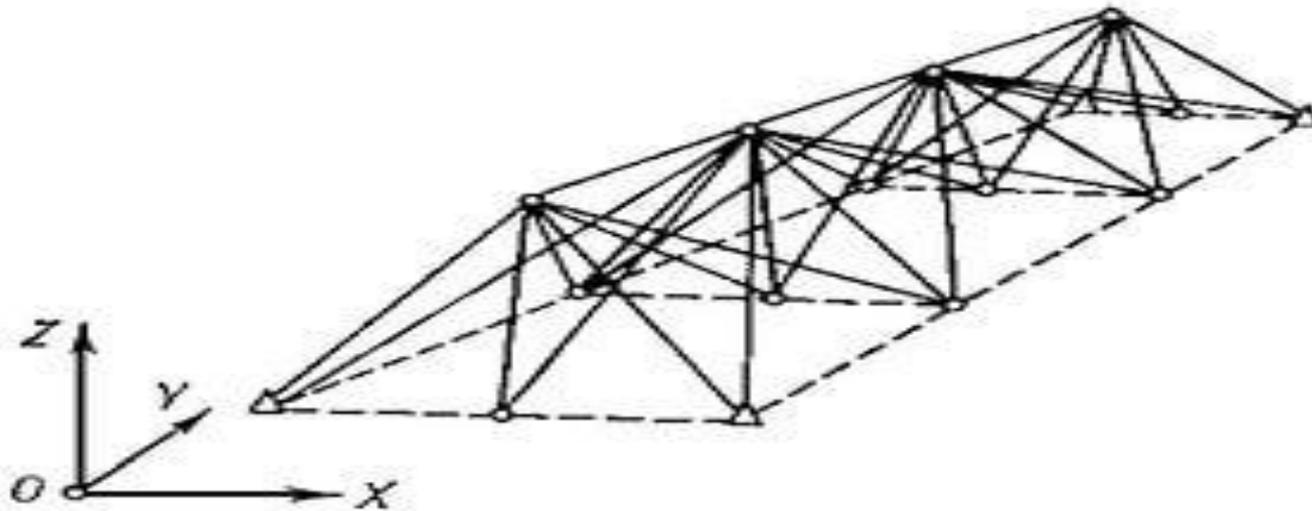
- В **высотных сетях** определяют высоты пунктов относительно отсчетной поверхности, например, поверхности относимости

ПЛАНОВО-ВЫСОТНАЯ СЕТЬ

- ***В планово-высотных сетях*** определяются, как плановые координаты (плоские - x , y или геодезические - широта B и долгота L), так и высоты пунктов.

Пространственная сеть

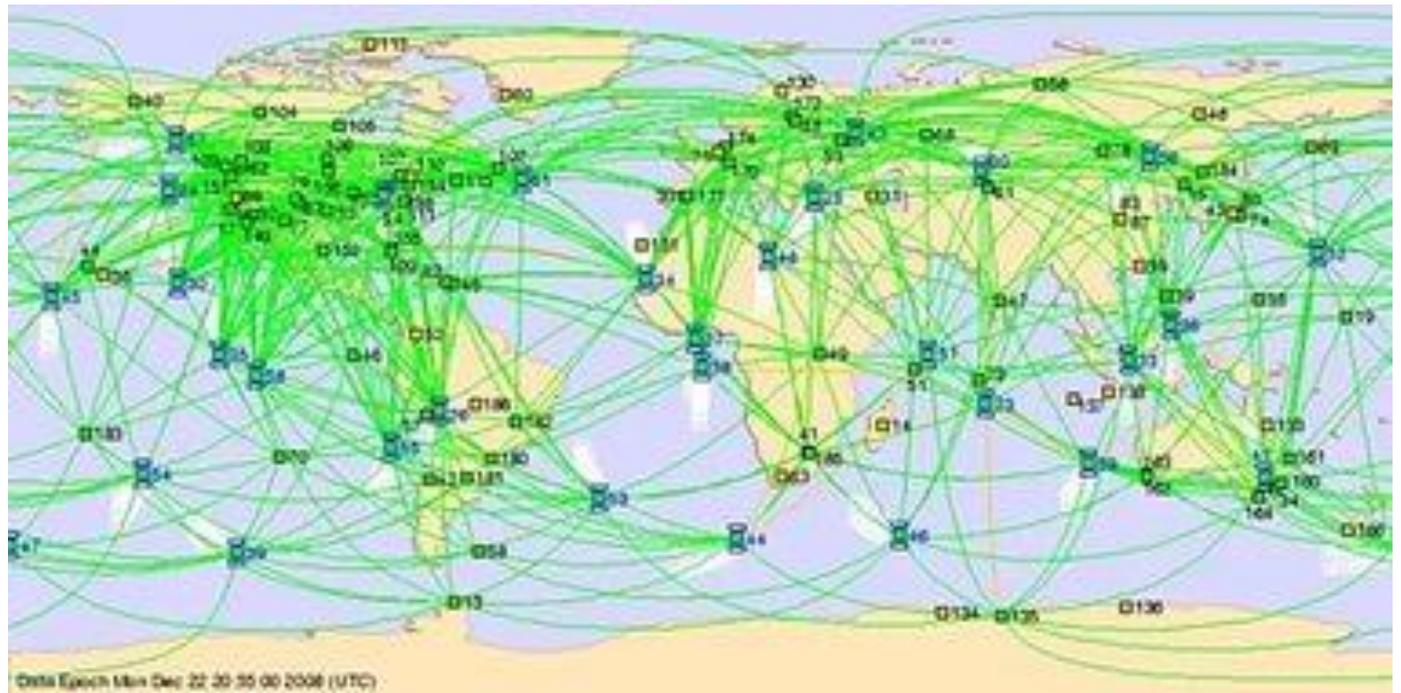
В *пространственных сетях* определяют пространственные координаты пунктов, например, прямоугольные геоцентрические X, Y, Z или геодезические B, L, H .



-Территориальный

- глобальная (общеземная) геодезическая сеть
- государственная геодезическая сеть
- местная (локальная) геодезическая сеть

глобальная (общеземная) геодезическая сеть



государственная геодезическая сеть

- Государственная геодезическая сеть (ГГС) представляет собой совокупность геодезических пунктов, расположенных равномерно по территории России и закрепленных на местности специальными центрами, обеспечивающими их сохранность и устойчивость в плане и по высоте в течение длительного периода.

ГГС предназначена для решения хозяйственных, научных и оборонных задач:

- установка и распространение государственной геодезической референцной (исходной) системы координат на всей территории страны и поддержание ее на современном уровне;
- геодезическое обеспечение картографирования территории страны и акваторий окружающих ее морей;
- геодезическое обеспечение изучения земельных ресурсов и землепользования, кадастра, строительства, разведки и освоения природных ресурсов;
- обеспечение исходными геодезическими данными средств наземной, морской и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной и техногенной сред;
- изучение поверхности и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;
- изучение геодинамических явлений;
- метрологическое обеспечение высокоточных технических средств определения местоположения и ориентирования.

Основные этапы построения единой системы координат на территории России.

- Дуга Струве. Началом истории построения в России единой геодезической системы координат является **1816 год**, когда начались работы по проложению триангуляционного ряда по территории России от устья Дуная до Северного Ледовитого океана (через Финляндию с включением Швеции и Норвегии) протяженностью $25^{\circ}20'$. Работами руководил основатель и первый директор Пулковской обсерватории, академик В.Я. Струве и генерал К.И.Теннер. Ряд триангуляции получил название «дуга Струве».

- изучение поверхности и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;
- изучение геодинамических явлений;
- метрологическое обеспечение высокоточных технических средств определения местоположения и ориентирования.

Основные этапы построения единой системы координат на территории России.

- Дуга Струве. Началом истории построения в России единой геодезической системы координат является 1816 год, когда начались работы по проложению триангуляционного ряда по территории России от устья Дуная до Северного Ледовитого океана (через Финляндию с включением Швеции и Норвегии) протяженностью 25 20. Работами руководил основатель и первый директор Пулковской обсерватории, академик В.Я.Струве и генерала К.И.Теннера. Ряд триангуляции получил название «дуга Струве».
- Каталог Шарнгорста. В 1898 году началась совместная обработка разрозненных «губернских триангуляций» на территории от западных границ до Урала Корпусом Военных Топографов под руководством генерала К.В.Шарнгорста. Работа продолжалась до 1926 года завершилась изданием каталога координат пунктов, получившим название «каталога Шарнгорста».

Референц-эллипсоидом служил эллипсоид Бесселя, а за исходные пункты принимались астрономическая обсерватория в Дерпте(Тарту) и пункты дуги Струве.

- Система координат 1932 года. В 1928 году под руководством Ф.Н.Красовского была разработана и утверждена схема и программа развития государственной триангуляции страны, в которой передача координат на большие расстояния осуществлялась проложением рядов триангуляции 1 класса, образующих полигоны с периметром 800-1000 км. За исходный пункт принят пункт Саблино, вычисления велись на эллипсоиде Бесселя. Работы были завершены в 1932 году и система координат получила название «система координат 1932 года».
- Система координат 1942 года. В 1942 году в качестве референц –эллипсоида был принят эллипсоид Красовского, а систему координат назвали «система координат 1942 года». Распространение координат на территорию страны проводилось последовательно крупными блоками полигонов триангуляции и полигонометрии 1 класса. Полигоны 1 класса заполнялись сплошными сетями 2 класса. Дальнейшее сгущение сети производилось вставками триангуляции и полигонометрией 3 и 4 классов.

(примеры)

- Система координат 1995 года (СК-95). За отсчетную поверхность в СК-95 принят эллипсоид Красовского. ГГС, созданная на эпоху 1995 года, объединяет в одно целое 26 астрономо-геодезических пунктов космической геодезической сети (АПП КГС), 131 пункт доплеровской геодезической сети (ДГС), 164306 пунктов астрономо-геодезической (АГС) 1 и 2 классов и около 300 тысяч пунктов геодезических сетей сгущения (ССГ) 3 и 4 классов. Система координат СК-95 введена на территории России с 1 июля 2002 года. Структурно СК-95 сформирована по принципу перехода от общего к частному и в нее включены геодезические построения различных классов точности.

Современная схема построения ГГС.

В 1999 году Федеральная служба геодезии и картографии приступила к планомерному развитию Государственной геодезической сети (ГГС) качественно нового уровня на основе спутниковых технологий. Новая ГГС строится, как и предыдущие, по принципу «от общего к частному» и включает в себя геодезические построения различных классов точности:

- Фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС);
- Высокоточную геодезическую сеть (ВГС);

П Р И К А З

Начальника Военно-Топографической Службы
Вооруженных Сил Союза ССР

№ 26

13 апреля 1946 года

г. МОСКВА

Объявляю для руководства Постановление Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 года за № 760 „О введении единой системы геодезических координат и высот на территории СССР“.

Начальник Военно-Топографической Службы Вооруженных Сил СССР
Генерал-лейтенант технических войск *М. КУДРЯВЦЕВ*

С О В Е Т М И Н И С Т Р О В С С С Р П О С Т А Н О В Л Е Н И Е № 760

от 7 апреля 1946 года

Москва, Кремль

О введении единой системы геодезических координат и высот
на территории СССР

Совет Министров Союза ССР постановляет:

1. Ввести единую систему геодезических координат и высот в топографо-геодезических и картографических работах, выполняемых на территории СССР, приняв за начало координат Пулково, а исходный уровень высот — Балтийское море (Кронштадтский футшток).

2. Принять при вычислении геодезических координат размеры референц-эллипсоида, выведенные профессором Крафтовским Ф. Н., а именно:

Большая полуось = 6 378 245 метров
Сжатие = 1/298.3

3. Обязать Министерства и ведомства, ведущие топографо-геодезические работы, применять установленную систему координат и высот с 1946 года.

4. Возложить на Генеральный Штаб Вооруженных Сил СССР и Главное Управление Геодезии и Картографии при Совете Министров СССР перевычисление в единую систему координат и высот триангуляционной и нивелирной сети, выполненной до 1946 года, и обязать их закончить эту работу в пятилетний срок.

5. Возложить контроль за перенесением в новой системе координат и высот топографических карт на Генеральный Штаб Вооруженных Сил СССР, а морских карт на Главный Штаб Военно-Морских Сил.

Председатель Совета Министров Союза ССР **И. СТАЛИН**
Управляющий Делами Совета Министров СССР **Я. ЧАДАЕВ**



П РА В И Т Е Л Ъ С Т В О Р О С С И Й С К О Й Ф Е Д Е Р А Ц И И

РАСПОРЯЖЕНИЕ

от 20 июня 2007 г. № 797-р

МОСКВА

1. В целях повышения тактико-технических характеристик глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС, улучшения геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач принять предложение Минобороны России, согласованное с Минтранс России и Роскосмосом, об использовании уточненной версии государственной геоцентрической системы координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.02).

2. Минобороны России обеспечить федеральные органы исполнительной власти по их запросам сведениями, необходимыми для использования уточненной версии государственной геоцентрической системы координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.02).

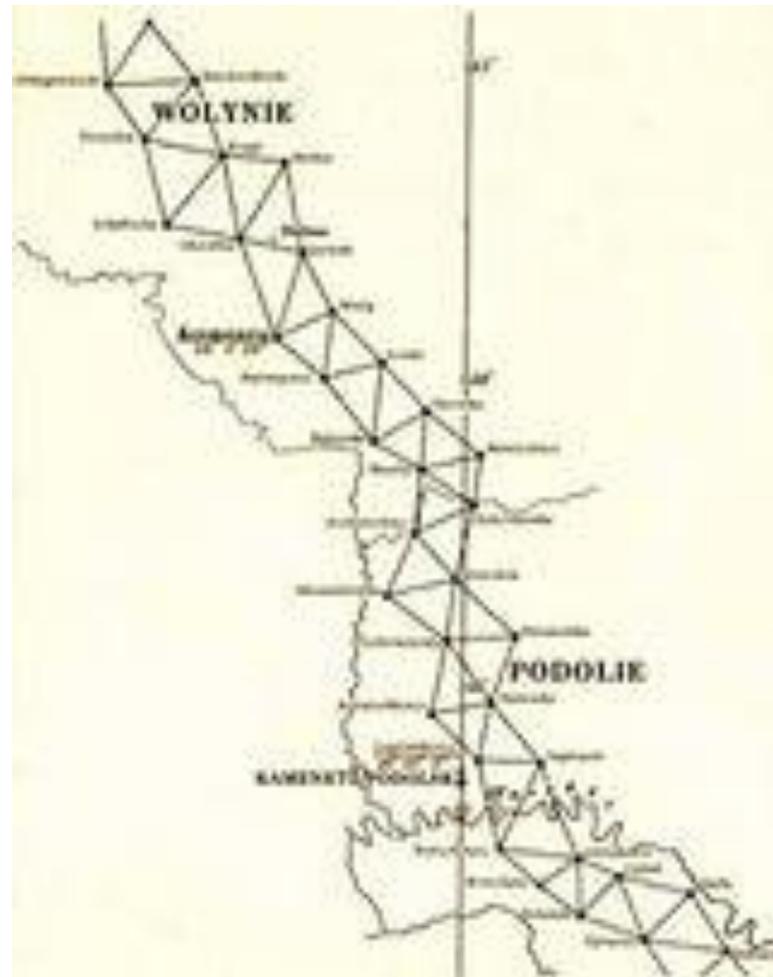
3. Минобороны России и Роскосмосу в 3-месячный срок обеспечить использование уточненной версии государственной геоцентрической системы координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.02) при эксплуатации глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.

4. Минобороны России совместно с Роскартографией продолжить работы по дальнейшему уточнению государственной геоцентрической системы координат "Параметры Земли 1990 года", обеспечению функционирования и развития пунктов космической геодезической сети, закрепляющих эту систему координат на местности.

Председатель Правительства
Российской Федерации



М.Фрадков



•**Каталог Шарнгорста.**

В 1898 году началась совместная обработка разрозненных «губернских триангуляций» на территории от западных границ до Урала Корпусом Военных Топографов под руководством генерала К.В.Шарнгорста.

Работа продолжалась до 1926 года и завершилась изданием каталога координат пунктов, получившим название «каталога Шарнгорста».

Референц-эллипсоидом служил эллипсоид Бесселя, а за исходные пункты принимались астрономическая обсерватория в Дерпте(Тарту) и пункты дуги Струве.

ЛЕКЦИЯ 5

Система координат 1932 года.

Началом следующего этапа построения единой системы координат на всю территорию России является 1928 год, когда Главным геодезическим управлением СССР была утверждена единая схема и [программа развития](#) государственной триангуляции страны, предложенная Ф. Н. Красовским.

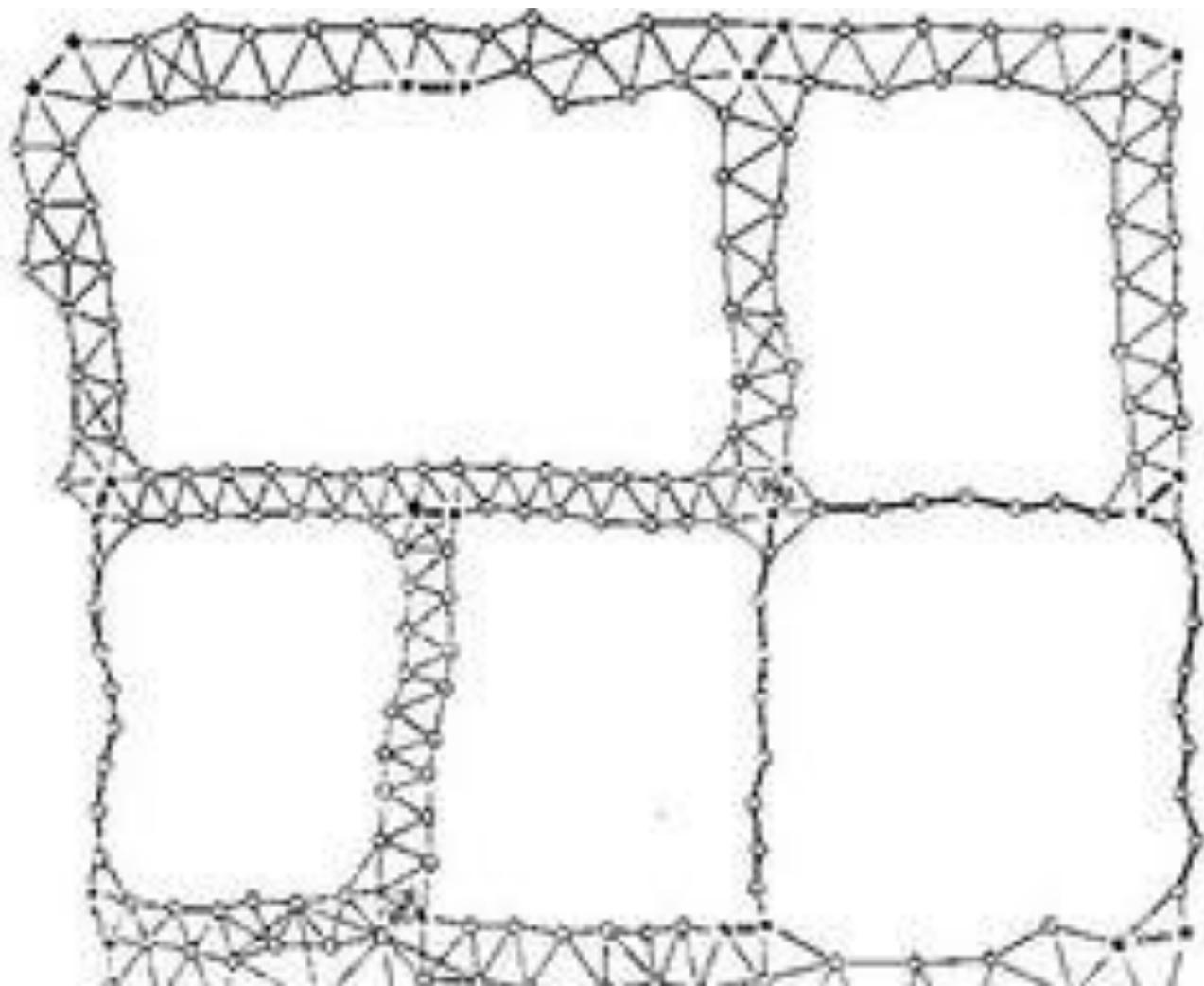
В схеме Ф. Н. Красовского передача координат на большие расстояния осуществлялась проложением рядов триангуляции 1 класса, образующих при взаимном пересечении полигоны с периметром 800-1000 км.

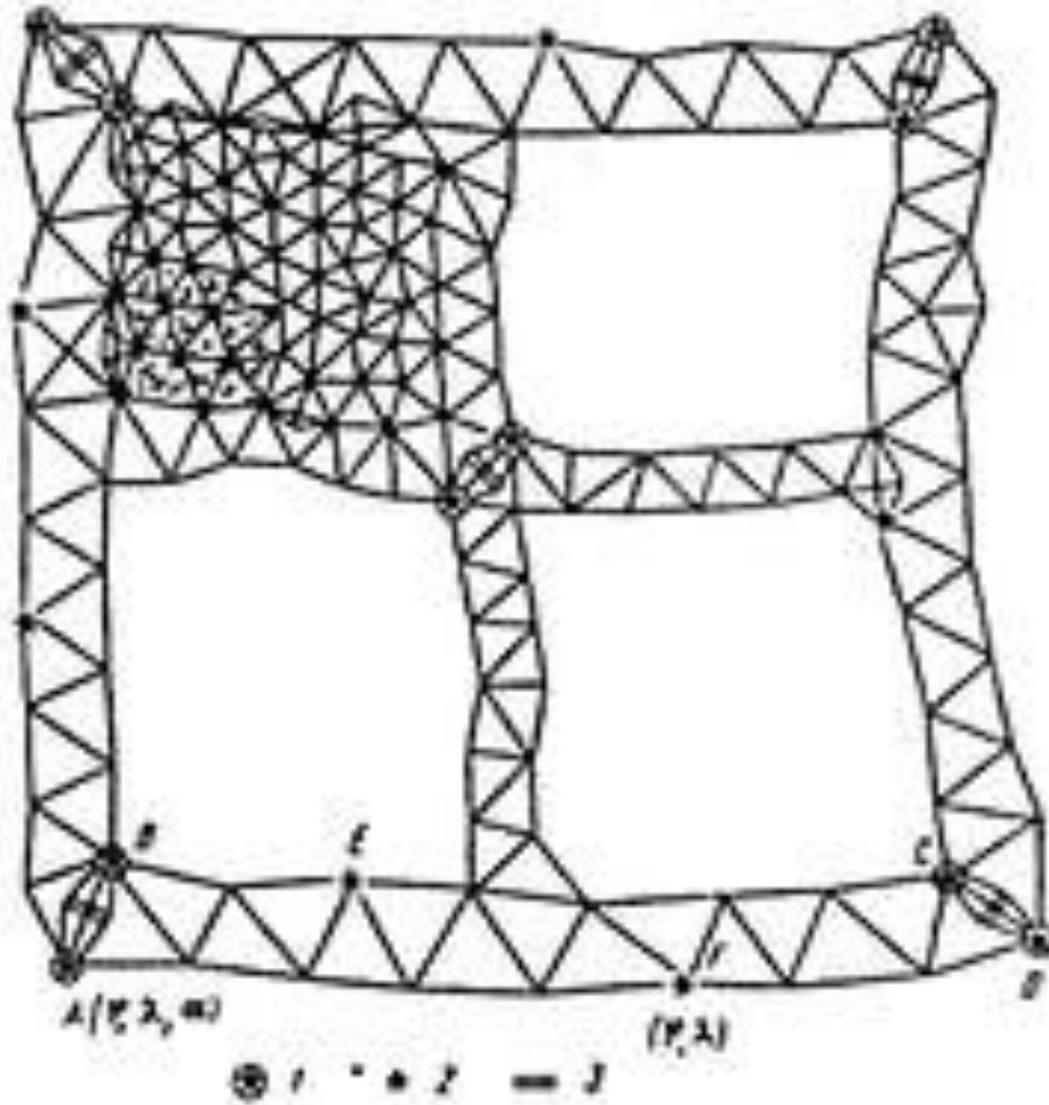
В 1930 году под общим руководством Ф. Н. Красовского вычислительное бюро Главного геодезического управления приступило к уравниванию 8 полигонов 1 класса для Европейской части СССР. Позднее к этим полигонам был присоединен Уральский полигон.

Вычисления велись относительно эллипсоида Бесселя.

За начальный пункт принимался пункт Саблино (Пулковская обсерватория).

Работы по уравниванию триангуляции были завершены в 1932 году и принятая система координат получила название системы 1932 года.





Система координат 1942 года

В те же годы в ЦНИИГАиК под руководством Ф. Н. Красовского и А. А. Изотова начались работы по выводу референц-эллипсоида, наилучшим образом подходившего для территории СССР.

Под руководством М. С. Молоденского велись работы по определению высоты геоида в исходном пункте (Пулково) по данным астрономо-гравиметрического нивелирования.

В 1942 году начались работы по переуравниванию АГС.

Совместным решением Главного управления геодезии и картографии (ГУГК) и Военно-топографического управления Генерального Штаба Министерства Обороны (ВТУ ГШ МО) от [4 июня](#) 1942 года в качестве референц-эллипсоида при уравнивании был принят эллипсоид с параметрами: $a = b = 298,3$ (в последующем получившего имя Красовского), а систему координат, в которой велись вычисления, было решено именовать системой координат 1942 года.

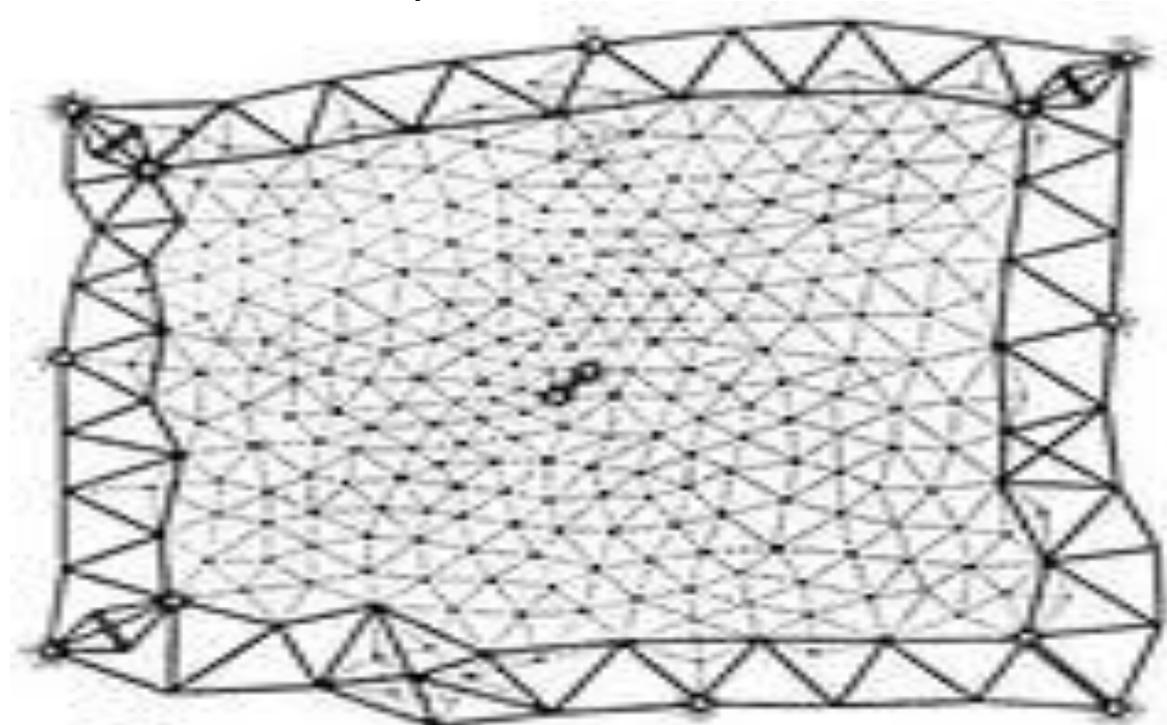
В уравнивание вошли 87 полигонов АГС, покрывавших большую часть Европейской территории СССР и узкой полосой распространяющих координаты до Дальнего Востока.

Обработка выполнялась на эллипсоиде Красовского. Постановлением Совета Министров СССР от [7 апреля](#) 1946 года № 760 на основе результатов выполненного уравнивания была введена единая система геодезических координат и высот на территории СССР – система координат 1942 года.

Дальнейшее распространение системы координат 1942 года на территорию СССР проводилось последовательно несколькими крупными блоками полигонов триангуляции и полигонометрии 1 класса.

Для сгущения АГС, сформированной в виде системы полигонов, выполнялось их заполнение сплошными сетями триангуляции 2 класса.

Дальнейшее сгущение сети производилось вставками триангуляции и полигонометрией 3 и 4 классов.



-  Ряды триангуляции 1 класса
-  Сеть триангуляции 2 класса
-  Базисы и базисные стороны
-  Астрономические пункты

СОВЕТ МИНИСТРОВ СССР

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

от 7 апреля 1946 г. N 760

О ВВЕДЕНИИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КООРДИНАТ И ВЫСОТ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

Совет Министров Союза ССР постановляет:

1. Ввести единую систему геодезических координат и высот в топографо-геодезических и картографических работах, выполняемых на территории СССР, приняв за начало координат Пулково, а исходный уровень высот - Балтийское море (Кронштадтский футшток).
2. Принять при вычислении геодезических координат размеры референц-эллипсоида, выведенные профессором Красовским Ф.Н., а именно:

Большая полуось = 6378245 метров

Сжатие = 1/298,3.

3. Обязать Министерства и ведомства, ведущие топографо-геодезические и картографические работы, применять установленную систему координат и высот с 1946 года.
4. Возложить на Генеральный Штаб вооруженных сил СССР и Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР перевычисление в единую систему координат и высот триангуляционной и нивелирной сети, выполненной до 1946 года, и обязать их закончить эту работу в 5-летний срок.
5. Возложить контроль за переизданием в новой системе координат и высот топографических карт на Генеральный Штаб вооруженных сил СССР, а морских карт на Главный Штаб военно-морских сил.

Председатель
Совета Министров Союза ССР
И.СТАЛИН

Управляющий Делами
Совета Министров СССР
Я.ЧАДАЕВ



14.03.2018

92

Система координат 1995 года

Развитие астрономо-геодезической сети для всей территории СССР было завершено к началу 80-х годов.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ
от 28 июля 2000 г. N 568

ОБ УСТАНОВЛЕНИИ ЕДИНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СИСТЕМ КООРДИНАТ

В соответствии с Федеральным [законом](#) "О геодезии и картографии" Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Установить следующие единые государственные системы координат:

система геодезических координат 1995 года (СК-95) - для использования при осуществлении геодезических и картографических работ начиная с 1 июля 2002 г.;

геоцентрическая система координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90) - для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

2. Федеральной службе геодезии и картографии России осуществить организационно-технические мероприятия, необходимые для перехода к использованию системы геодезических координат 1995 года (СК-95).

До завершения этих мероприятий используется единая система геодезических координат, введенная постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 г. N 760.

Министерству обороны Российской Федерации обеспечить в установленном порядке федеральные органы исполнительной власти по их запросам сведениями, необходимыми для использования геоцентрической системы координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90), и осуществлять контроль за состоянием и развитием пунктов космической геодезической сети для этой системы координат.

Председатель Правительства
Российской Федерации
М.КАСВЯНОВ

Система координат 1995 года (СК-95). За отсчетную поверхность в СК-95 принят

эллипсоид Красовского. ГГС, созданная на эпоху 1995 года объединяет в одно целое 26 астрономо-геодезических пунктов космической геодезической сети (АГП КГС), 131 пункт доплеровской геодезической сети (ДГС), 164306 пунктов астрономо-геодезической (АГС) 1 и 2 классов и около 300 тысяч пунктов геодезических сетей сгущения (ССГ) 3 и 4 классов. Система координат СК-95 введена на территории России с 1 июля 2002 года.

Структурно СК-95 сформирована по принципу перехода от общего к частному и в нее включены геодезические построения различных классов точности.

Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. N 1463 г. Москва "О единых государственных системах координат"

Опубликован 8 января 2013 г.

Вступает в силу 28 декабря 2012 г.

В соответствии с пунктом 1 статьи 5 Федерального закона "О геодезии и картографии" Правительство Российской Федерации **постановляет:**

1. Установить следующие единые государственные системы координат:

геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011) - для использования при осуществлении геодезических и картографических работ;

общеземная геоцентрическая система координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.11) - для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

2. Установить, что система геодезических координат 1995 года (СК-95), установленная постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 г. N 568 в качестве единой государственной системы координат, и единая система геодезических координат 1942 года (СК-42), введенная постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 г. N 760, применяются до 1 января 2017 г. в отношении материалов (документов), созданных с их использованием.

3. Установить, что в единых государственных системах координат, указанных в пункте 1 настоящего постановления, применяются следующие числовые геодезические параметры:

фундаментальные геодезические постоянные, а также параметры общего земного эллипсоида согласно приложению;

геометрические и физические числовые геодезические параметры, утверждаемые Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (в отношении геодезической системы координат Российской Федерации 2011 года (ГСК-2011)) и Министерством обороны Российской Федерации (в отношении общеземной геоцентрической системы координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.11)).

При этом ориентации координатных осей и угловая скорость единых государственных систем координат в составе числовых геодезических параметров единых государственных систем координат должны соответствовать рекомендациям Международной службы вращения Земли и Международного бюро времени.

4. Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии обеспечить создание и эксплуатацию геодезических пунктов геодезической системы координат 2011 года (ГСК-2011) и размещать на своем официальном сайте в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" информацию о составе, техническом оснащении и местоположении таких пунктов, за исключением информации, относящейся к государственной тайне.

5. Министерству обороны Российской Федерации обеспечить создание и эксплуатацию геодезических пунктов общеземной геоцентрической системы координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.11) и размещать на своем официальном сайте в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" информацию о составе, техническом оснащении и местоположении таких пунктов, за исключением информации, относящейся к государственной тайне.
6. Министерству обороны Российской Федерации совместно с Федеральным космическим агентством при эксплуатации глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС обеспечить до 1 января 2014 г. переход к использованию общеземной геоцентрической системы координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.11).
7. Признать утратившим силу с 1 января 2017 г. абзац второй пункта 1 постановления Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 г. N 568 "Об установлении единых государственных систем координат" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2000, N 33, ст. 3389).

**Председатель Правительства
Российской Федерации
Д.Медведев**

Приложение к постановлению Правительства Российской Федерации
от 28 декабря 2012 г. N 1463

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ,
А ТАКЖЕ ПАРАМЕТРЫ ОБЩЕГО ЗЕМНОГО ЭЛЛИПСОИДА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ
В ЕДИНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение
----------	-------------	----------------------	----------

I. Геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011)

1. Фундаментальные геодезические постоянные

Геоцентрическая гравитационная постоянная Земли

	км ³ /с ²	398600,4415
--	---------------------------------	-------------

(с учетом атмосферы)

Угловая скорость

вращения Земли

	рад/с	
--	-------	--

2. Параметры общего земного эллипсоида

(началом системы координат является центр масс Земли.

В качестве отсчетного эллипсоида принят общеземной эллипсоид, ось вращения которого совпадает с осью Z геодезической системы координат (ГСК-2011))

Большая полуось	м	6378136,5
-----------------	---	-----------

Сжатие	-	1/298,2564151
--------	---	---------------

II. Общеземная геоцентрическая система координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.11)

3. Фундаментальные геодезические постоянные

Геоцентрическая гравитационная постоянная Земли (с учетом атмосферы)	км ³ /с ²	398600,4418
--	---------------------------------	-------------

Угловая скорость вращения Земли	рад/с	
---------------------------------	-------	--

4. Параметры общего земного эллипсоида

(началом системы координат является центр масс Земли.

В качестве отсчетного эллипсоида принят общеземной эллипсоид, ось вращения которого совпадает с осью Z системы координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.11))

Большая полуось	м	6378136
-----------------	---	---------

Сжатие	-	1/298,25784
--------	---	-------------

Современная схема построения ГГС

- Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС)
- Высокоточная геодезическая сеть (ВГС)
- Спутниковая геодезическая сеть (СГС-1)
- (пункты астрономо-геодезической сети 1 и 2 класса существующей сети встраиваются в сеть СГС-1)

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС)

является главной геодезической основой для формирования всей государственной геодезической сети (ГГС).

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть состоит из постоянно действующих и периодически определяемых пунктов, формирующих единую сеть на территории Российской Федерации.

Пространственное положение этих пунктов определяется методом спутниковой геодезии в общеземной [системе координат](#) с предельной ошибкой не более $3 \text{ мм} \cdot 10^{-8} R$, где R – радиус Земли.

ФАГС реализуется в виде системы закрепленных на всей территории России 50 - 70 пунктов со средними расстояниями между ними 700 - 800 км. Часть этих пунктов (10 - 15) должны стать постоянно действующими астрономическими обсерваториями, оснащенными радиотелескопами для наблюдений удаленных источников радиоизлучения (квазаров) и спутниковыми приемниками GPS-ГЛОНАС.

Пространственное положение пунктов ФАГС определяется методами [космической геодезии](#) в геоцентрической системе координат относительно центра масс Земли относительно центра масс Земли со средней квадратической ошибкой 10-15 см, а средняя квадратическая ошибка взаимного положения пунктов ФАГС должна быть не более 2 см по плановому положению и 3 см по высоте с учетом скоростей их изменения во времени.

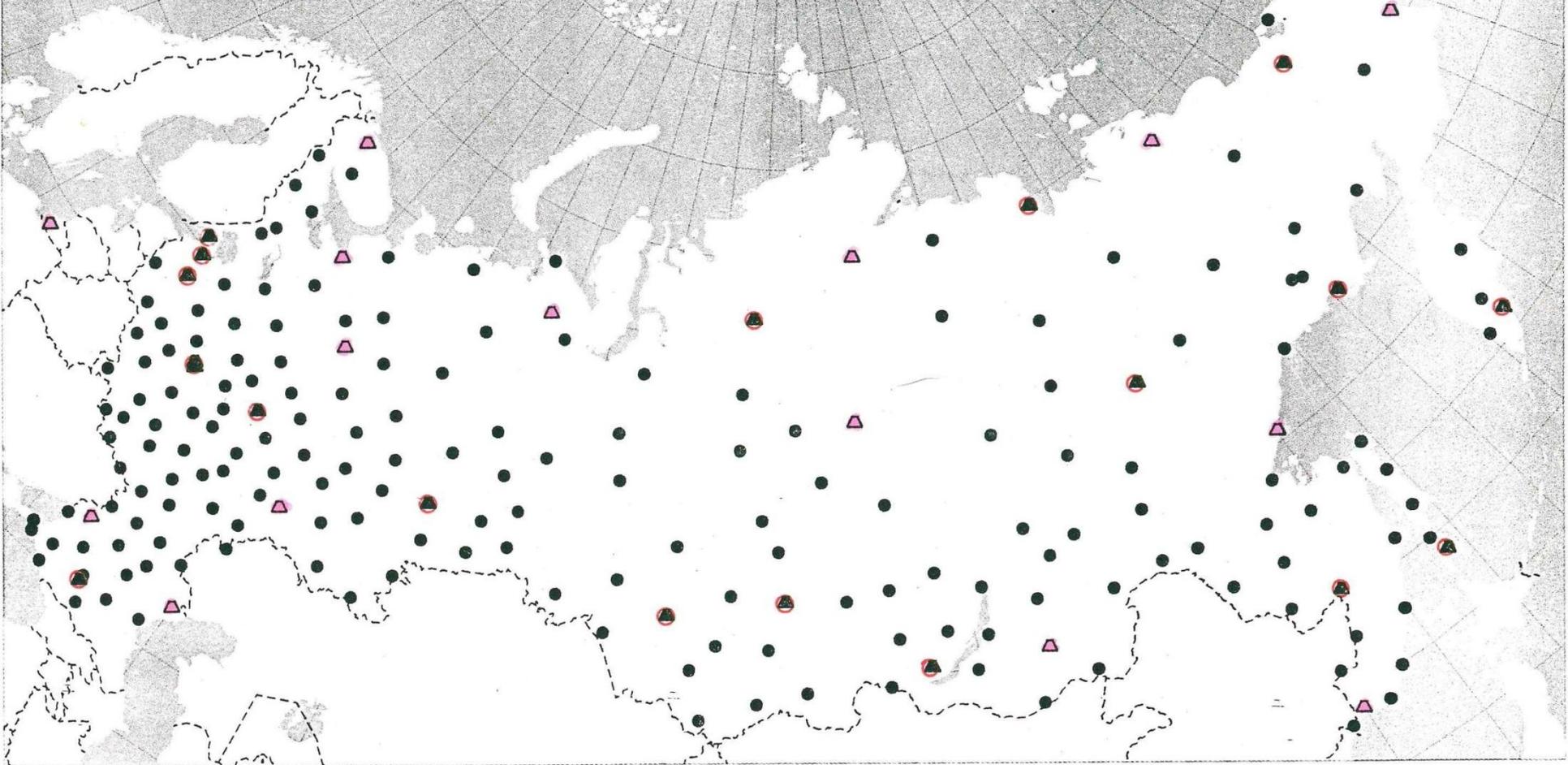
Периодичность этих определений на пунктах ФАГС устанавливается в пределах 5-8 лет и уточняется в зависимости от ожидаемых изменений измеряемых характеристик.

Высокоточная геодезическая сеть (ВГС) представляет собой однородные по точности пространственные построения с расстоянием между смежными пунктами 150 - 300 м.

Общее число пунктов (ВГС) должно составлять 500 - 700, при этом часть пунктов будет совмещена с пунктами (ФАГС).

Взаимное положение таких пунктов будет определяться спутниковыми методами с относительной погрешностью $5 \cdot 10^{-8}$ или 2 - 3 см.

СУЩЕСТВУЮЩАЯ СЕТЬ ПУНКТОВ ФАГС И ВГС РОССИИ



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

-   - пункты ФАГС (постоянно действующие, периодически определяемые)
-  - пункты ВГС

Существующая сеть пунктов ФАГС и ВГС на территории России создана в период с 1999 года по 2003 год. Спутниковая геодезическая сеть к настоящему времени состоит из 212 пунктов, в том числе из:

- 19 постоянно действующих пунктов ФАГС;
- 15 периодически определяемых пунктов ФАГС;
- 178 пунктов ВГС

Спутниковая геодезическая сеть I класса (СГС-1) должна заменить триангуляции I - II класса со средними расстояниями между пунктами 30 - 35 км, общим числом 10 - 15 тысяч и средней квадратической ошибкой взаимного положения 1 - 2 см. Построение такой сети предполагается осуществить в течение десяти ближайших лет.

Расстояние между смежными пунктами СГС-1 – 15-25 км в обжитых районах и 25-50 км в не обжитых районах.

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ РОССИИ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ НОРМЫ И ПРАВИЛА
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**о государственной геодезической сети Российской Федерации
ГКИНП (ГНТА)-01-006-03**

**Обязательны для исполнения всеми субъектами геодезической и
картографической деятельности**

(Федеральный закон «О геодезии и картографии»)

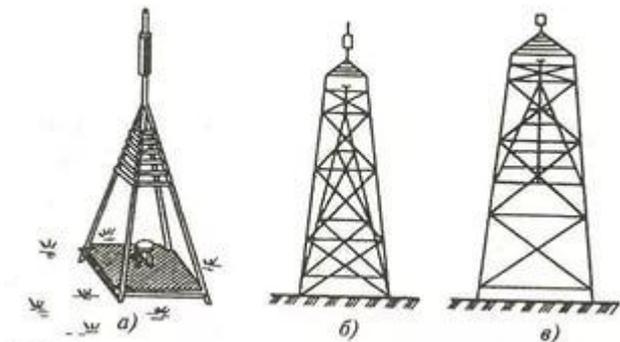
от 26 декабря 1995 г. № 209-ФЗ

(с изменениями, ст. 6, п. 2)

**Утверждены приказом Федеральной службы геодезии и картографии России
от 17 июня 2003 г. № 101-пр.**

Источник: <http://www.gosthelp.ru/text/gkinp0100603osnovnyepoloz.html>

Закрепление геодезических сетей на местности





Государственная нивелирная сеть (ГНС) – единая система высот на территории всей страны, она является высотной основой всех топографических съемок и инженерно-геодезических работ, выполняемых для удовлетворения потребностей экономики, науки и обороны страны.



Государственная нивелирная сеть

В основу построения ГНС заложен принцип «от общего к частному».

ГНС по точности разделяется на 4-е класса –
нивелирные сети I-го,
II-го,
III-го и
IV –го классов.

I и II классы относят к высокоточному нивелированию,
III и IV классы – к точному.

Нивелирные сети I и II классов являются **главной высотной основой**.

Главная высотная основа предназначена для решения следующих хозяйственных, научных и оборонных задач:

- Установление и распространение государственной высотной системы координат на всю территорию страны и поддержание ее на уровне современных и перспективных требований;
- Высотное обеспечение картографирования страны, изучения земельных ресурсов, кадастра, строительства, разведки и разработки природных ресурсов;
- Изучение геодинамических явлений

Линии нивелирования III и IV классов сгущают сеть нивелирования I и II классов. За исходный уровень в России принят средний уровень Балтийского моря (нуль Кронштадтского футштока).

Поэтому система высот называется – Балтийской.

В настоящее время это – Балтийская система высот 1977 года.





Рис. 57

Метод построения

*Основным методом построения ГНС является
геометрическое нивелирование*

Точностные характеристики

Класс нивелирования	Средняя квадратическая ошибка		Допустимые невязки в полигонах и по линиям f , мм
	случайная η , мм/км	систематическая σ , мм/км	
I	0.8	0.08	—
II	2.0	0.20	—
III	5.0	-	—
IV	10.0**	-	—

* L - периметр полигона или длина линии, км.

** - ошибку вычисляют по невязкам линий или полигонов

Закрепление на местности

Пункты нивелирной сети закрепляют на местности реперами, которые закладывают в стены долговечных сооружений или непосредственно в грунт на некоторую глубину.

На линиях нивелирования I, II, III и IV классов закладывают реперы следующих типов: **вековые, фундаментальные, грунтовые, скальные, стенные и временные**

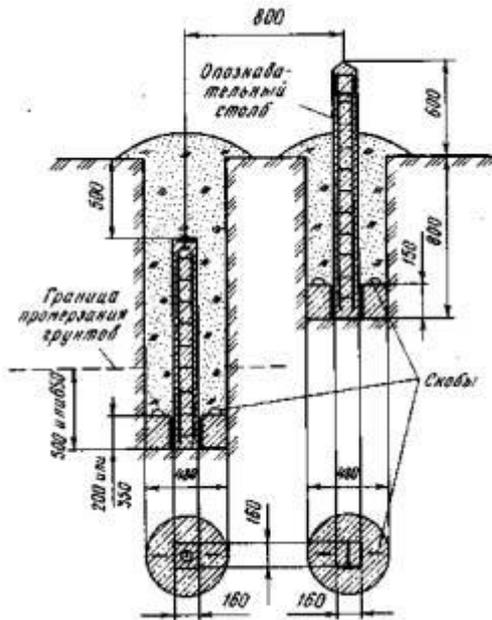
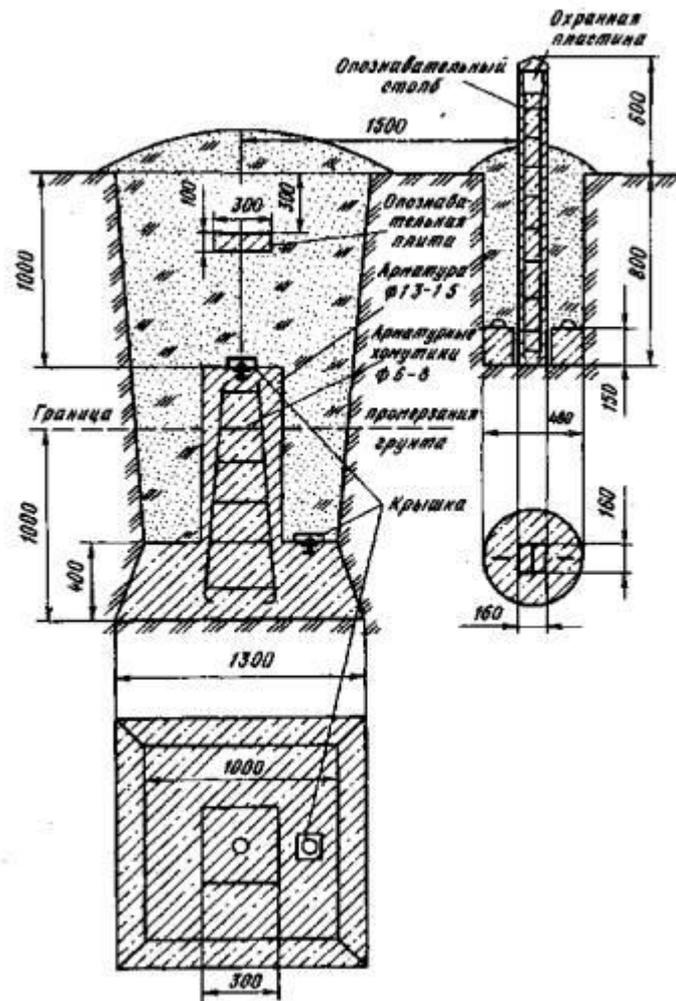
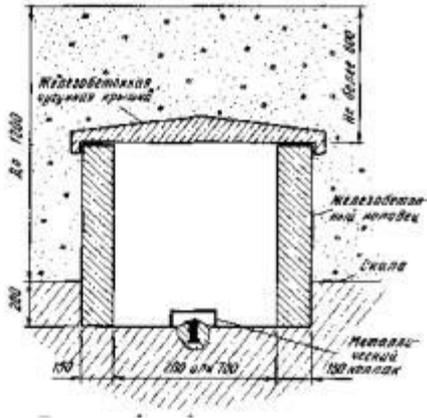
Вековые реперы обеспечивают сохранность главной высотной основы на продолжительное время. Вековыми реперами закрепляют места пересечений линий нивелирования I класса,

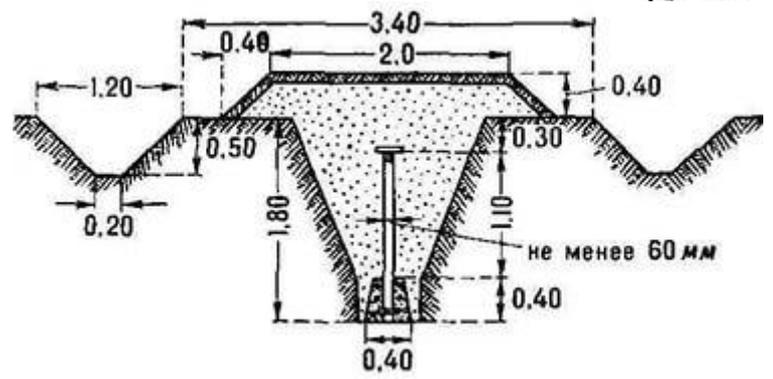
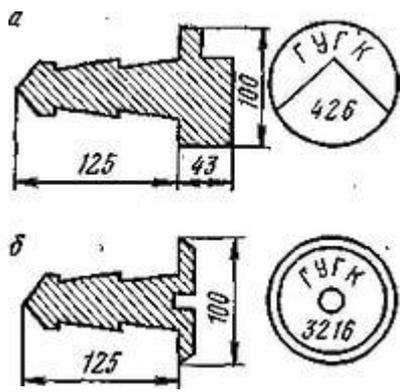
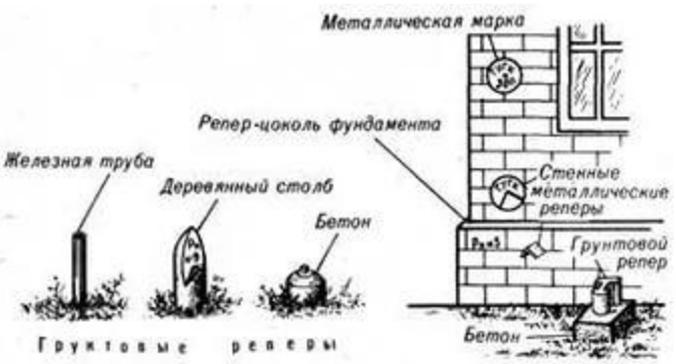
Фундаментальные реперы обеспечивают сохранность высотной основы на значительные сроки, их закладывают на линиях нивелирования I и II классов.

Грунтовые, скальные, стенные реперы обеспечивают сохранность и надежность высотной основы на длительные сроки и используются для закрепления нивелирных сетей I, II, III и IV классов.

Временные реперы обеспечивают сохранность высотной опоры в течение нескольких лет и служат высотной основой при топографических съемках. Временные реперы включают в ходовые линии нивелирования II, III и IV классов

а





Настенный репер
© Фотограф / Гербовые Репер

301.ru / 1 000.007





Созданная к настоящему времени главная высотная основа состоит из 110 полигонов I класса общей протяженностью линий более 100 тыс. км и 850 полигонов II класса протяженностью порядка более 300 тыс. км. Нивелированием I класса связаны уровни всех морей омывающих Россию. Сеть замкнутых полигоно нивелирования II класса покрывает всю территорию России (за исключением Таймыра, Чукотки, Камчатки). Система линий нивелирования III и IV классов имеет протяженность многие сотни тысяч километров. Современная нивелирная сеть характеризуется достаточно высокой плотностью реперов – в среднем один репер на 34 кв. км.



Нивелирование IV класса.

Схема построения

Ходы нивелирования IV класса прокладывают в одном направлении внутри полигонов **нивелирования** старших классов с опорой на реперы I—III классов или на узловые реперы IV класса.

Приборы

Используют нивелиры с уровнем НЗ, НВ, Ni-030 и нивелиры с компенсаторами Н-ЗК, НСЗ, НС4, 5, 6. По указанию ФСГК РФ можно использовать и другие типы нивелиров. Рейки применяют двусторонние трехметровые шашечные, с сантиметровыми делениями, их устанавливают по уровню.

Методика нивелирования

Нормальная длина визирного луча равна 100 м, а при увеличении зрительной трубы не менее 30х — до 150 м. Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции — 5 м, а их накопление в секции — 10 м. Высота визирного луча над почвой — не менее 0,2 м. Наблюдения на станции выполняют по схеме: $Z_{\text{I}}-П_{\text{I}}-П_{\text{I}}-З_{\text{I}}$.

местная (локальная) геодезическая сеть

Раздел 1.

Предмет топографии.

- Определение предмета топографии.
- Задачи топографии.
- Связь топографии с другими науками.
- Роль топографии в картографировании страны.
- Историческая справка о развитии топографии.
- Топографическая служба России.

Раздел 2.

Топографические съемки (топосъемки) местности.

- Определение топосъемки;
- Место топосъемок в картографии;
- Историческое развитие топосъемок в России;
- Технология топосъемок;
- Съемочное обоснование и съемка подробностей.

Раздел 3.

Основные характеристики топольемки местности.

- Масштаб топольемки;
- Картографическая проекция Гаусса-Крюгера;
- Масштабы топографических карт (топокарт);
- Разграфка и номенклатура топокарт;
- Изображение предметов местности и рельефа; условные знаки.

Раздел 4.

Геодезическое обоснование топосъемок.

- Главная геодезическая основа;
- Государственная геодезическая и нивелирная сети, сети сгущения.
Назначение, классификация, принципы и методы построения съемочных сетей: полевые и камеральные работы - угловые и линейные измерения, вычисление координат и высот пунктов съемочной сети).