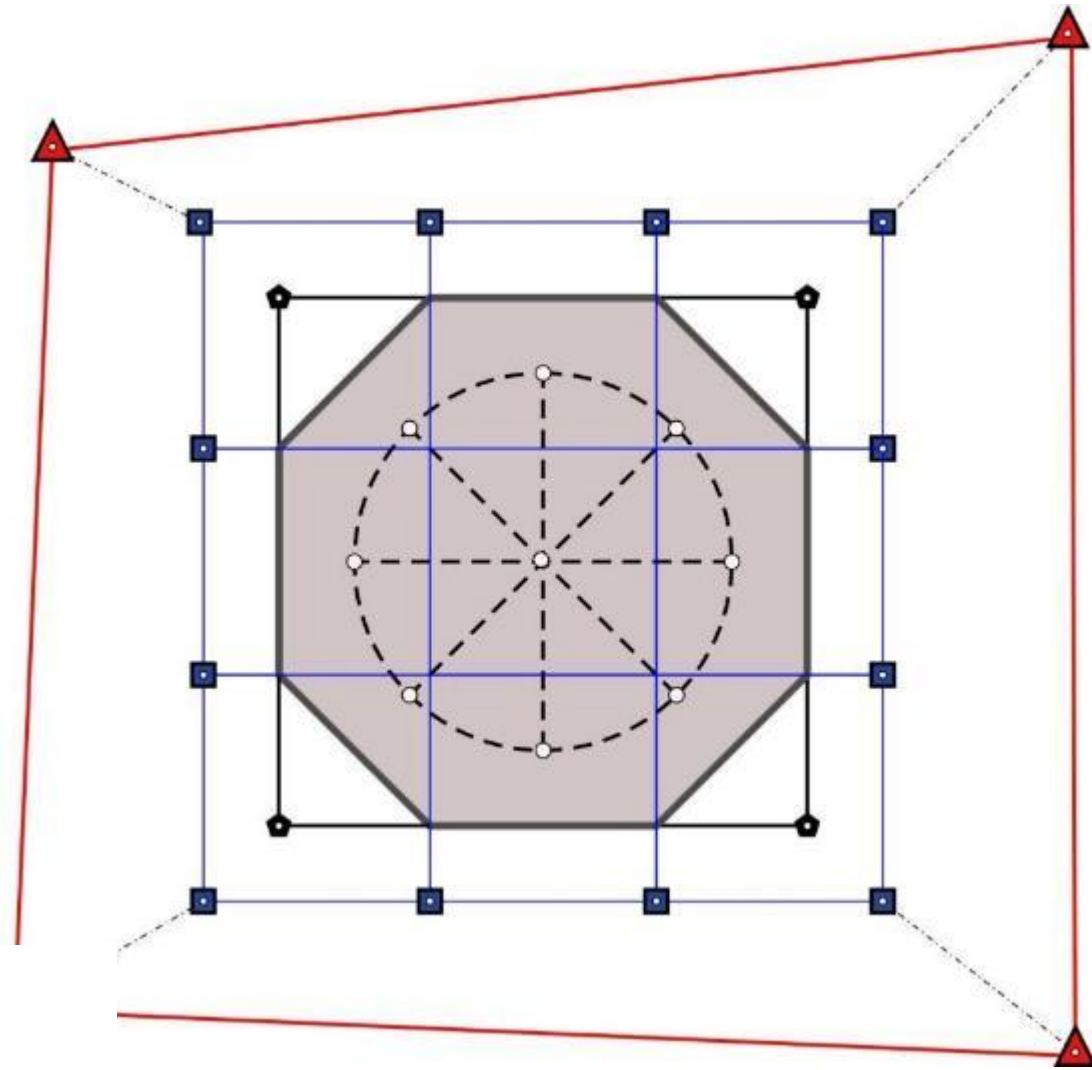


---

## 4. РОЗМІЧУВАЛЬНІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ МЕРЕЖІ

# Приклади зовнішньої та внутрішньої мереж



- опорна геодезична мережа;
- прив'язка до опорної мережі;
- зовнішня розмічувальна мережа;
- внутрішня розмічувальна мережа;
- пункти закріплення головних осей будівлі;
- контур будівлі.

# Особливості інженерно-геодезичних мереж:

- часто створюються в місцевій системі координат із прив'язкою до державної системи координат;
- форма мережі визначається ситуацією на об'єкті, його формою;
- мають обмежені розміри, часто з незначним числом фігур або полігонів;
- довжини сторін, як правило, короткі.

# Вимоги до точності розмічувальних мереж

Характеристика об'єкту будівництва	С. к. п. вимірів		
	$\beta$ (")	S	H (м)
Підприємства і групи будівель на ділянках більше 1 км <sup>2</sup> ; окремо стоячі споруди площею забудови більше 100 тис. км <sup>2</sup>	3	1/25000	4
Підприємства і групи будівель на ділянках площею менше 1 км <sup>2</sup> ; окремо стоячі споруди площею забудови від 10 до 100 тис. км <sup>2</sup>	5	1/10000	6
Окремо стоячі споруди площею забудови менше 10 тис. км <sup>2</sup> ; дороги, інженерні мережі в межах забудови	10	1/5000	10
Дороги, інженерні мережі поза межами забудови; земляні споруди в тому числі вертикальне планування	30	1/2000	15

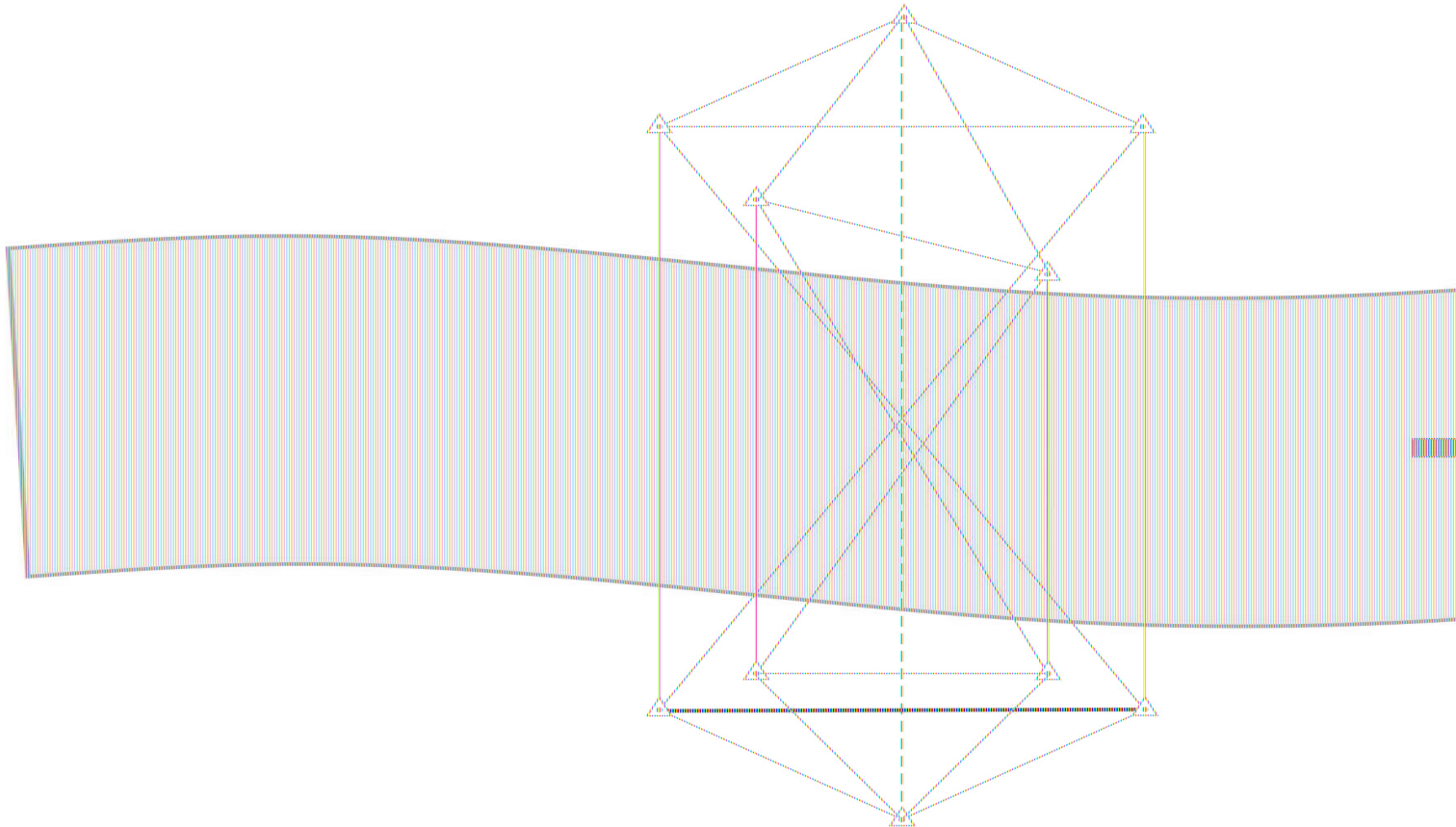
# Вимоги до точності розмічувальних мереж

Характеристика будівель, споруд, будівельних конструкцій	С. к. п. вимірів				
	$\beta$ (")	S	H (мм)	передача Н на монт. горизонт відносно вих., (мм)	передача точок, осей по вертик/, (мм)
Металеві конструкції з фрезерованими контактними поверхнями; збірні залізобетонні конструкції, які монтуються методом самофіксації у вузлах; будівлі та споруди висотою понад 100 м або із прогонами від 30-36 м	5	1 мм $L < 15$ м, 1/15000 $L > 15$ м	1	$2 + 10 \times h$	$1 + 2 \times h$
Будинки вище ніж 15 поверхів; будівлі та споруди висотою від 73,5 м до 100 м або із прогонами від 18 до 30 м	10	2 мм $L < 20$ м, 1/10000 $L > 20$ м	2	$4 + 15 \times h$	$2 + 3 \times h$

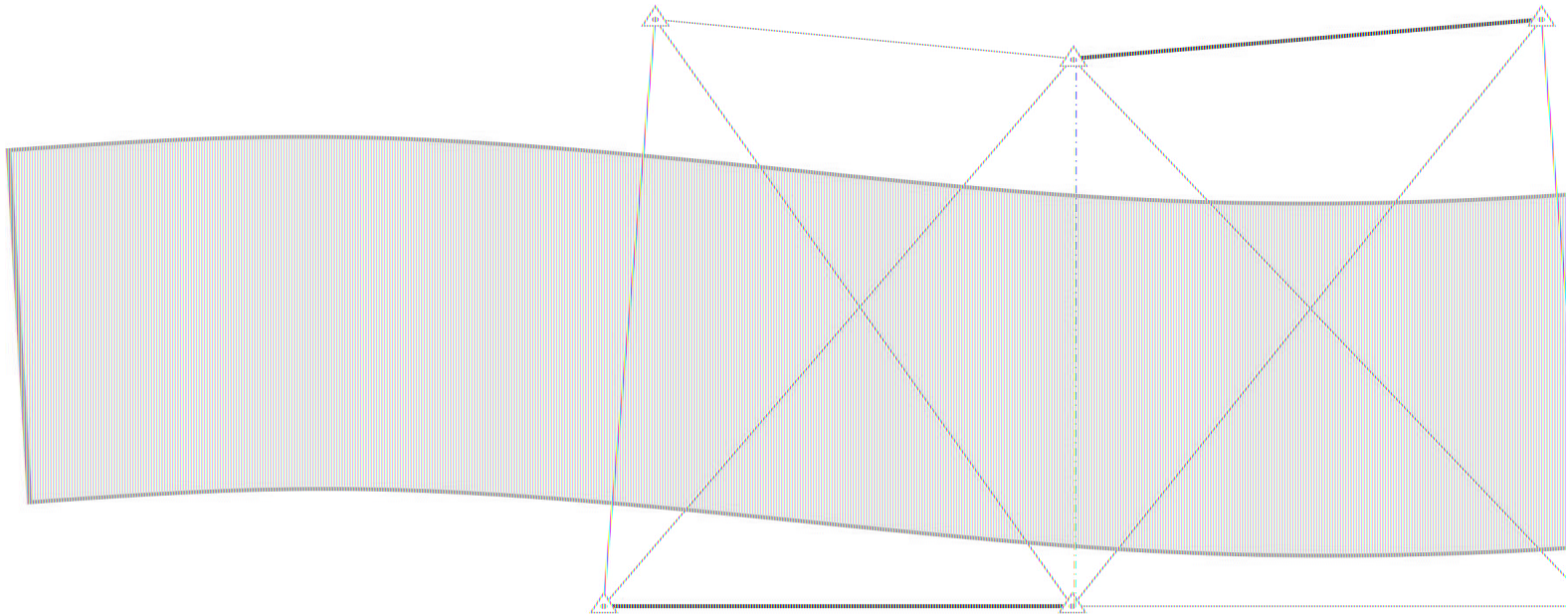
# Вимоги до точності розмічувальних мереж

Характеристика будівель, споруд, будівельних конструкцій	С. к. п. вимірів				
	$\beta$ (")	S	H (мм)	передача H на монт. горизонт відносно вих., (мм)	передача точок, осей по вертик/, (мм)
Будинки до 15 повер-хів; будівлі та споруди висотою до 73,5 м або із прогонами від 6 м до 18 м	15	3 мм $L < 15$ м, 1/5000 $L > 15$ м	3	$6 + 20 \times h$	$3 + 5 \times h$
Будинки до 5 поверхів; будівлі та споруди висотою до 15 м	30	4 мм $L < 20$ м, 1/5000 $L > 20$ м	5	$10 + 50 \times h$	$5 + 10 \times h$

## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Тріангуляція (Гідротехнічна тріангуляція)

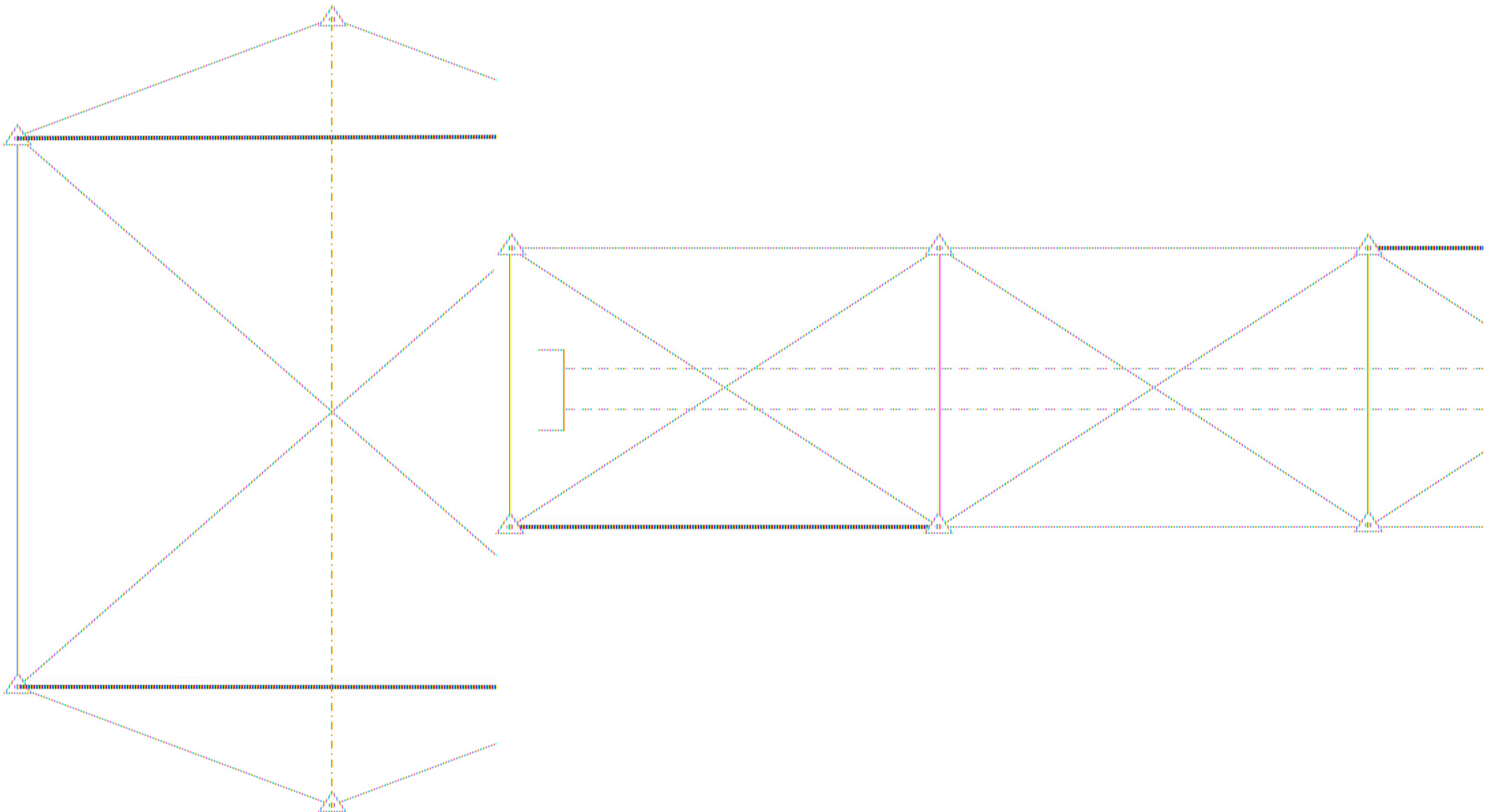


## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Тріангуляція (Мостова тріангуляція)

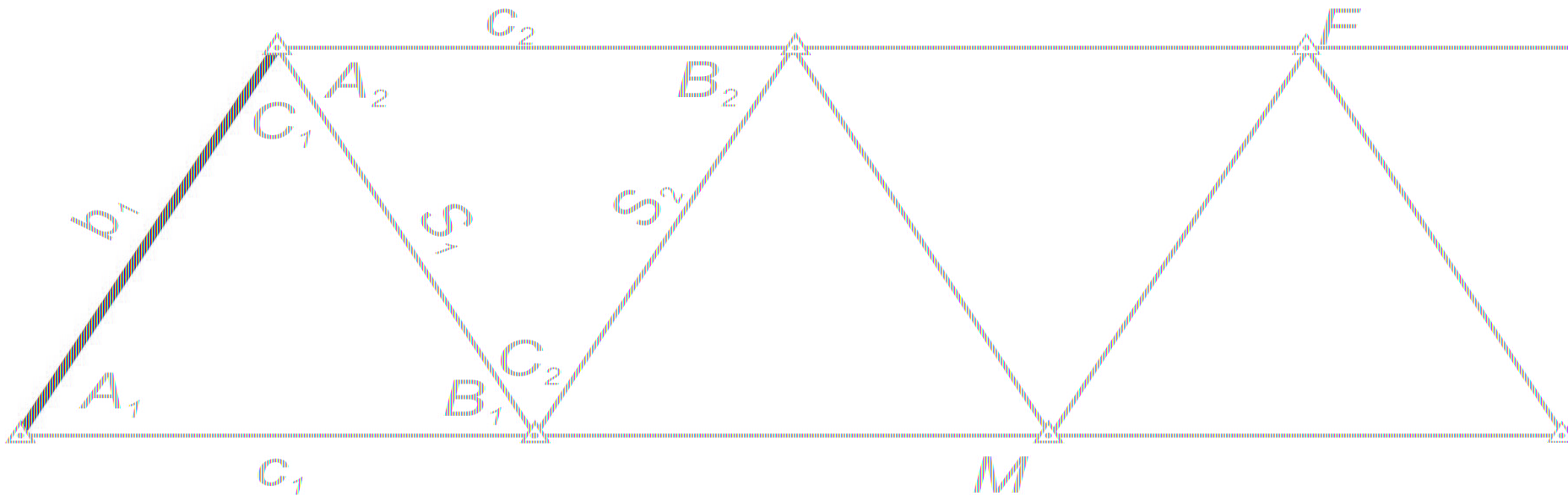




## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Тріангуляція (Тунельна тріангуляція)



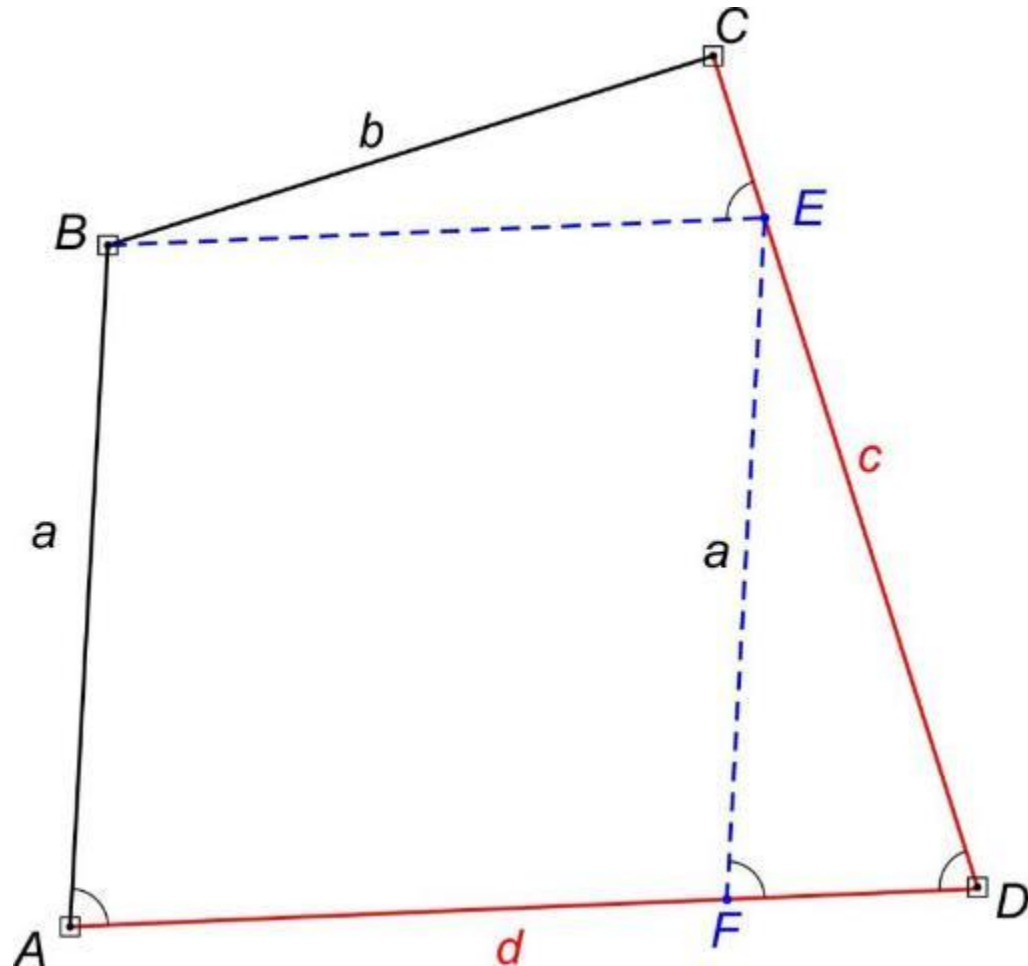
## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Тріангуляція (Ланцюг трикутників)



## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Лінійно-кутові мережі (Бездіагональний чотирикутник)

$$\begin{aligned}c &= DE + EC = \\ &= a \frac{\sin A}{\sin D} + b \frac{\sin(C + D)}{\sin D} = \\ &= \frac{a \sin A + b \sin(C + D)}{\sin D} \quad (4.1)\end{aligned}$$

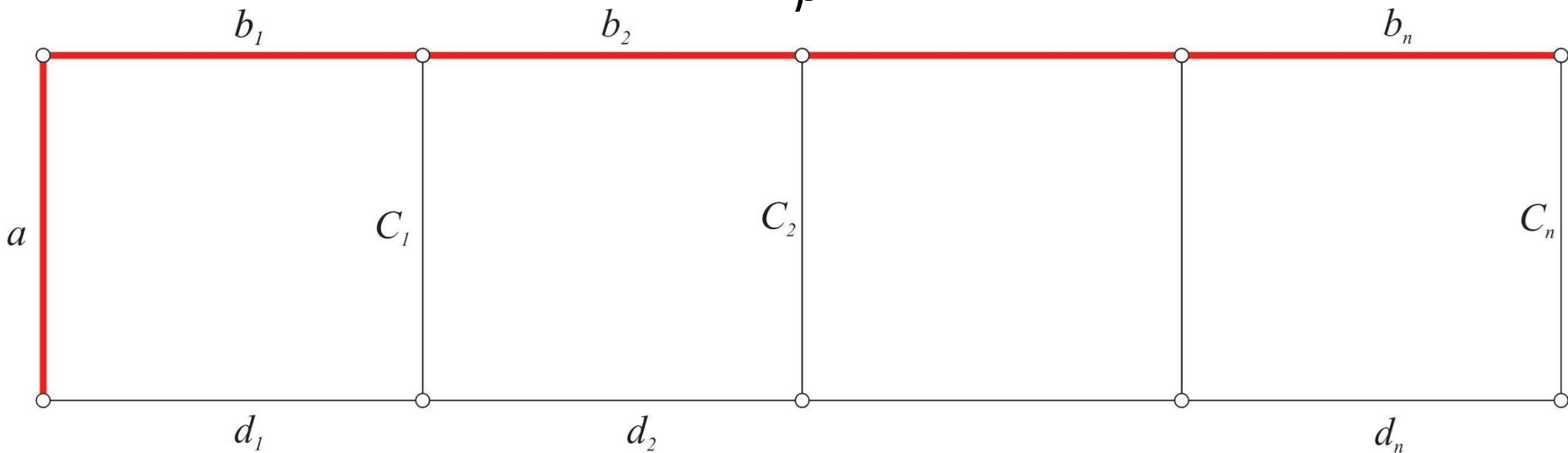
$$\begin{aligned}d &= AF + FD = \\ &= b \frac{\sin C}{\sin D} + a \frac{\sin(A + D)}{\sin D} = \\ &= \frac{b \sin C + a \sin(A + D)}{\sin D} \quad (4.2)\end{aligned}$$



Середні квадратичні помилки обчислення довжин сторін чотирикутника:

$$m_b^2 = m_a^2 + 2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} b^2 \quad (4.3)$$

$$m_d^2 = m_b^2 + 2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} a^2 \quad (4.4)$$



$$m_c^2 = m_a^2 + \sum_1^n S^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \quad (59)$$

де  $S$  – довжина виміряної бічної сторони,  $m_a$  – с.к.п. виміру першої сторони.

Ваги виміряних кутів та довжин сторін прийmemo:

$$p_{\beta_i} = \frac{1}{m_{\beta_i}^2} \quad (4.6)$$

$$p_{S_i} = \frac{1}{m_{S_i}^2} \quad (4.7)$$

В трикутнику виникають три умовні рівняння:

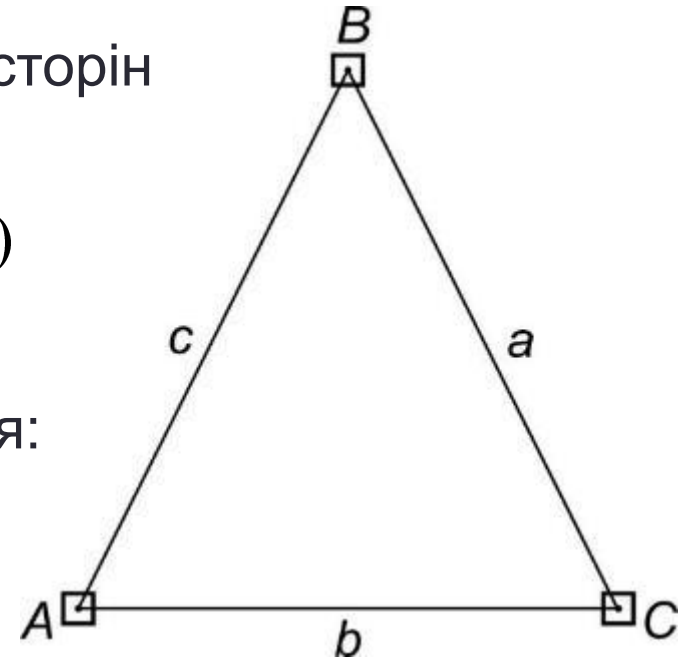
$$v_A + v_B + v_C + w_1 = 0 \quad (4.8)$$

$$v_a \sin B - v_b \sin A + \frac{a \cos B}{\rho} v_B - \frac{b \cos A}{\rho} v_A + w_2 = 0 \quad (4.9)$$

$$v_b \sin C - v_c \sin B + \frac{b \cos C}{\rho} v_C - \frac{c \cos B}{\rho} v_B + w_3 = 0 \quad (4.10)$$

$$w_2 = a \cos B - b \sin A \quad (4.11)$$

$$w_3 = b \cos C - c \sin B \quad (4.12)$$



# Значення коефіцієнтів вагової функції

	$a$	$b$	$C$	$\pi$	$F$
$v_A$	$+1$				$+1$
$v_B$	$+1$				
$v_C$	$+1$				
$v_a$					
$v_b$					
$v_c$					

На основі даних таблиці можемо знайти величину оберненої ваги:

$$\frac{1}{P_F} = [\pi_{ff}] - \frac{[\pi_{ff}]^2}{[\pi_{aa}]} - \frac{[\pi_{bf} \cdot 1]^2}{[\pi_{bb} \cdot 1]} - \frac{[\pi_{cf} \cdot 2]^2}{[\pi_{cc} \cdot 2]} \quad (4.13)$$

Та значення с.к.п. кута A:

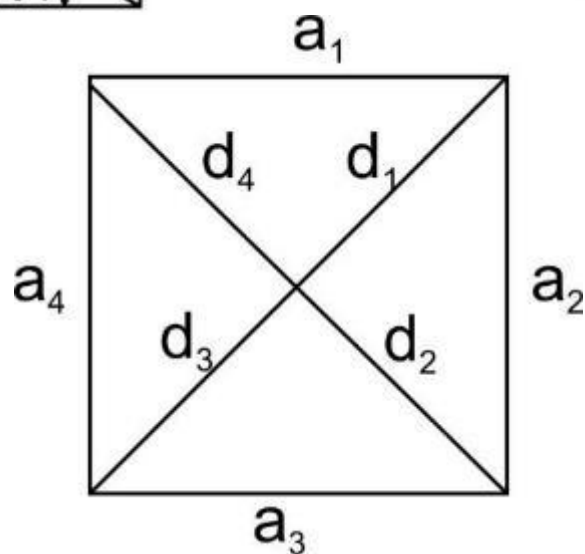
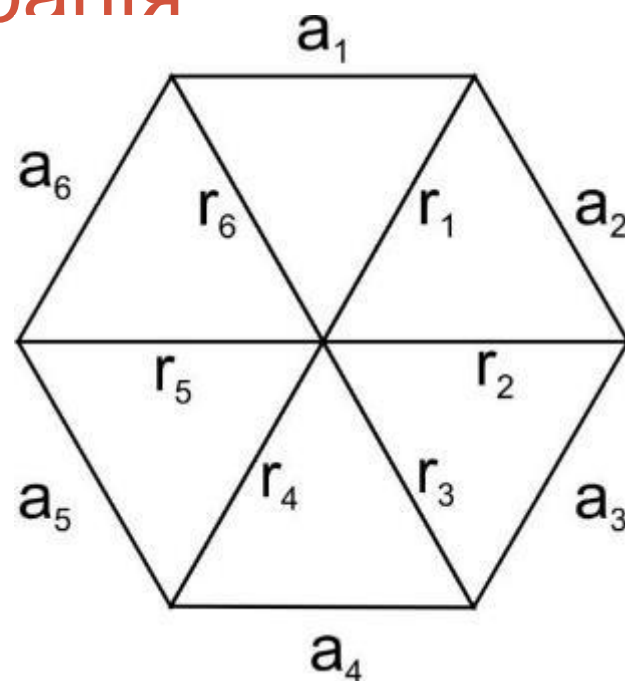
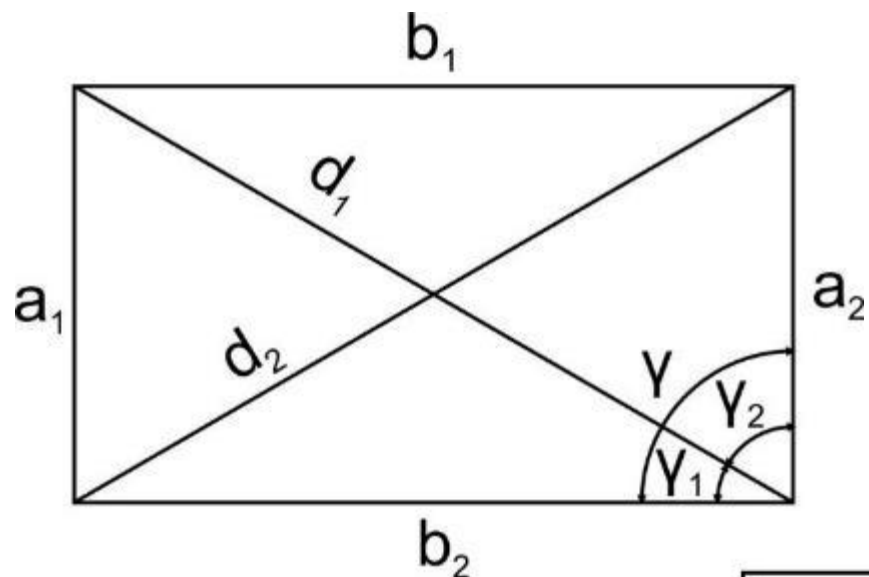
$$m_A^2 = \frac{1}{P_{F_A}} \quad (4.14)$$

За даними табл. можна перейти до коефіцієнтів, що входять в формулу (4.13)

Якщо прийняти, що  $A=B=C$ ,  $a=b=c$ ,  $m_a=m_b=m_c=m_s$

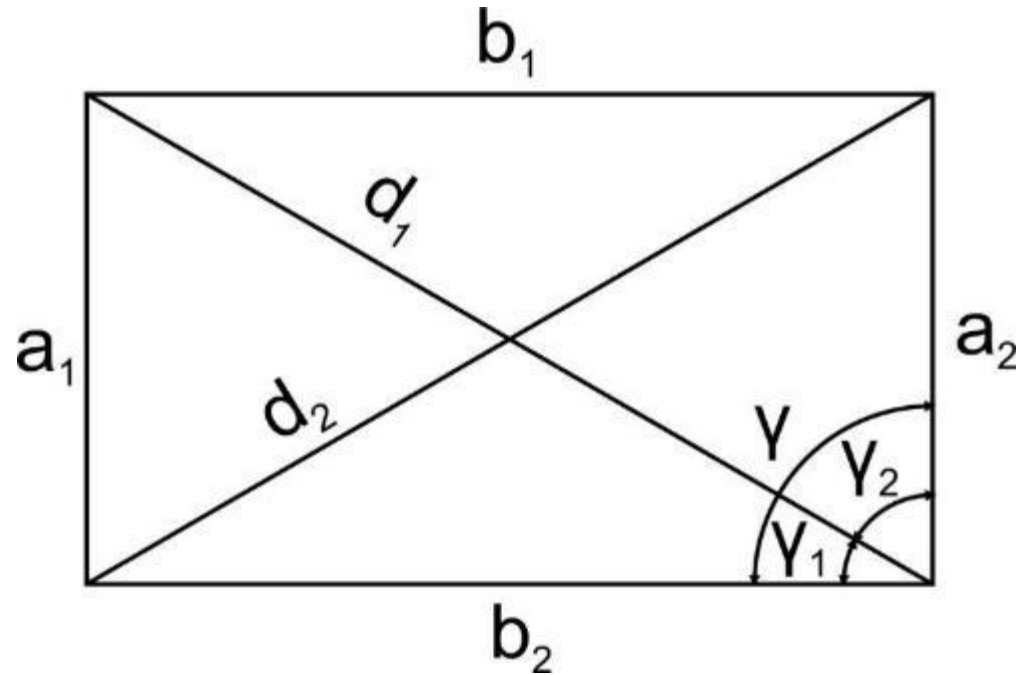
$$m_A^2 = m_\beta^2 - \frac{m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}}{3m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} s^2} m_\beta^2 \quad (4.15)$$

## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Трилатерація





Так, для системи трикутників рис. з чотирма виміряними сторонами  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  і діагоналями  $d_1$  і  $d_2$  виникає умовне рівняння виду



$$\frac{\rho}{b}(a_1) + \frac{\rho}{b}(a_2) + \frac{\rho}{a}(b_1) + \frac{\rho}{a}(b_2) - \frac{dp}{ab}(d_1) - \frac{dp}{ab}(d_2) + w = 0 \quad (4.16)$$

де

$$w = \gamma_1 + \gamma_2 - \gamma \quad d = a \sqrt{1 + \frac{b^2}{a^2}}$$

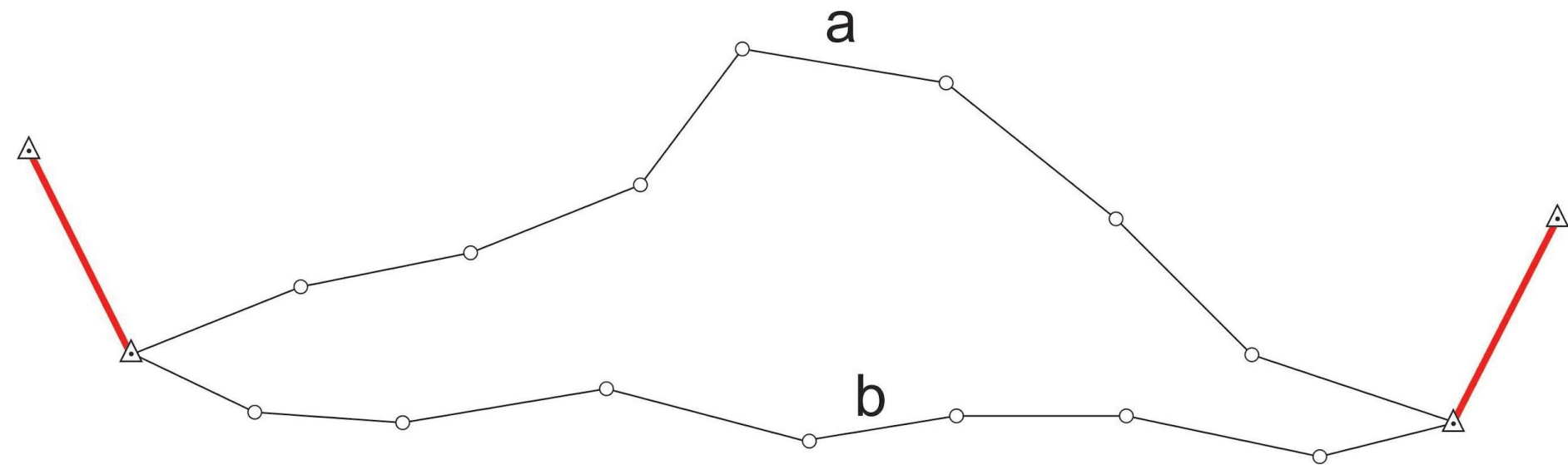
## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Полігонометрія

Показники	4-й кл.	1-й р.	2-й р.
Гранична довжина ходу, км			
Окремого	14,0	7,0	4,0
Між вихідною і вузловою точками	9,0	5,0	3,0
Між вузловими точками	7,0	4,0	2,0
Граничний периметр полігону, км	40	20	12
Довжини сторін ходу, км			
Найбільша	3,00	0,80	0,50
Середня	0,50	0,30	0,08
Найменша	0,25	0,12	0,20
Кількість сторін у ході, не більше	15	15	15
Відносна помилка ходу, не більше	1:25000	1:10000	1:5000
С. к. п. виміряного кута (за невязками у ходах і в полігонах),	3'' $\sqrt{n}$	5'' $\sqrt{n}$	10'' $\sqrt{n}$
Кутова невязка ходу або полігона	5n	10n	20n
С. к. п. вимірювання довжини сторони, см			
До 500 м	1	1	1
Від 500 до понад	2	2	2
Більше 1000 м	1:40000	—	—

## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Полігонометрія

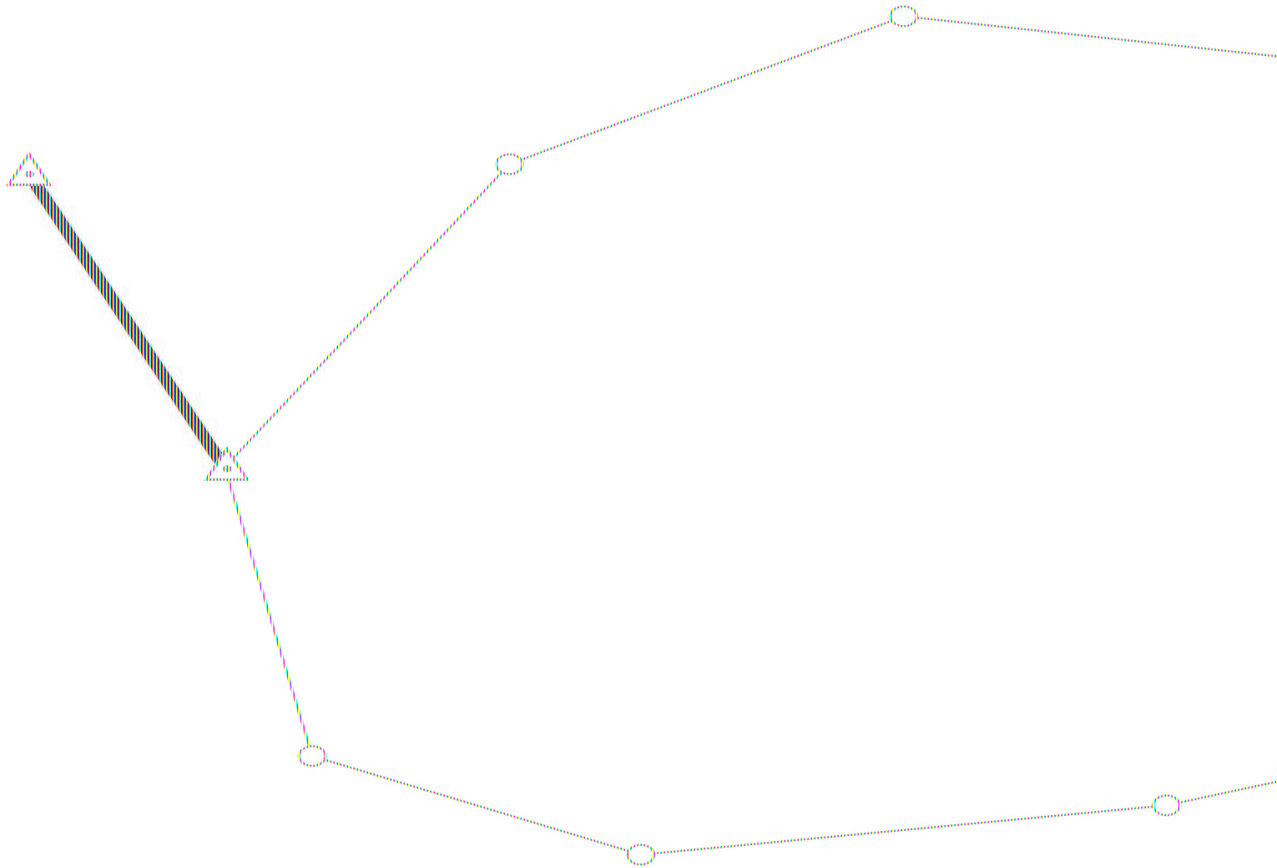
*a) Ламаний хід;*

*b) Витягнутий хід.*



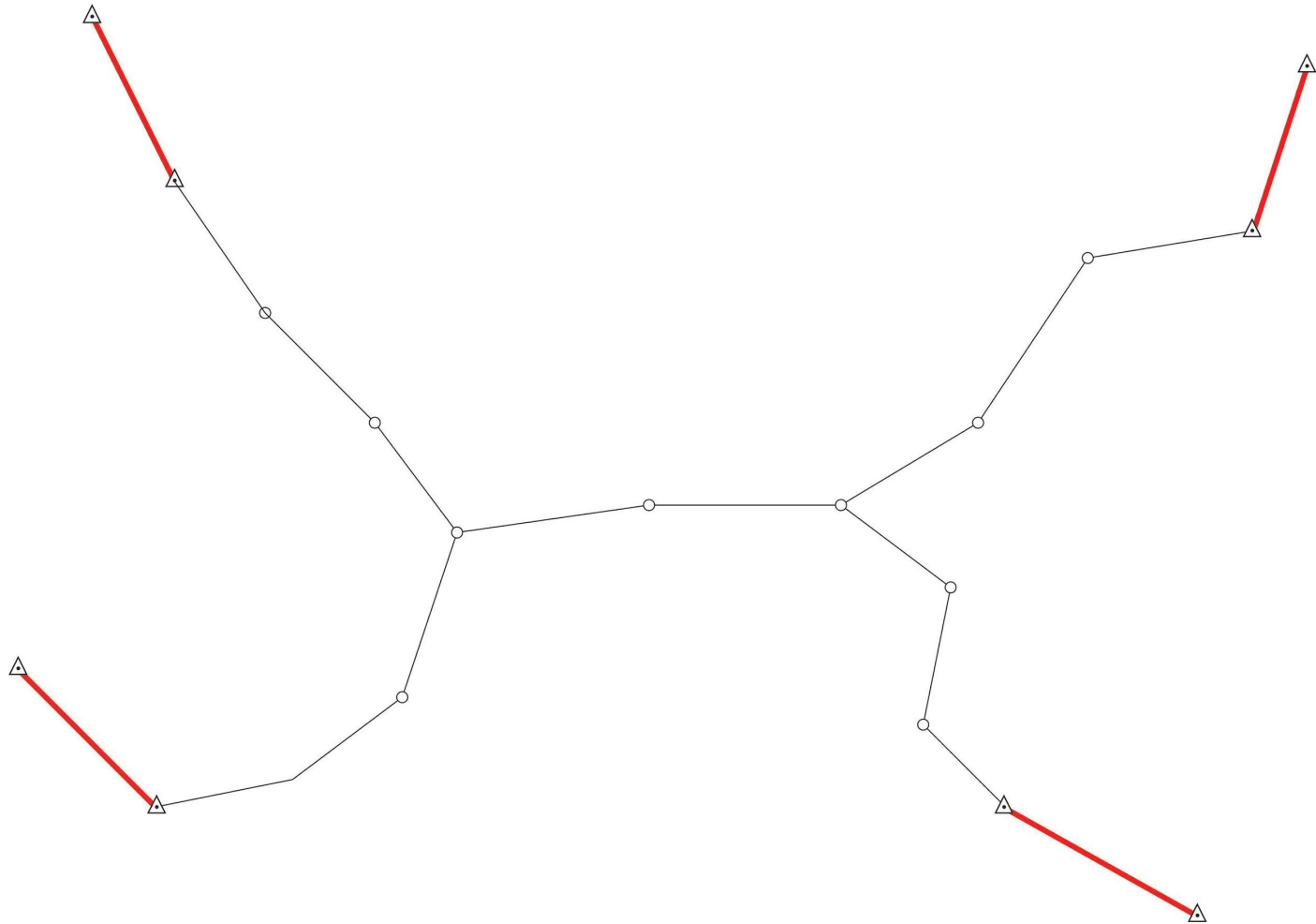
## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Полігонометрія

### *Замкнутий хід*



## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Полігонометрія

*Система ходів з вузловими точками*



С.к.п. кінцевої точки витягнутого ходу:

$$M^2 = m_S^2 \cdot n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot L^2 \cdot \frac{n+3}{12} \quad (4.17)$$

де  $n$  – к-сть сторін,  $L$  – довжина ходу.

Для вигнутого ходу:

$$M^2 = m_S^2 \cdot n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot [D_{cm,i}^2] \quad (4.18)$$

де  $[D_{cm,i}]$  – віддаль від центру ваги ходу до кожної з його сторін.

Для замкнутого полігона, що опирається на тверду сторону:

$$M^2 = m_S^2 \cdot n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot L^2 \cdot \frac{n}{40} \quad (4.19)$$

Знайшовши величину  $M$  за одною з формул можна обчислити очікувану відносну помилку запроєктованого ходу.

Розрахунок точності кутових та лінійних вимірювань базується на значенні с. к. п. ходів:

$$\frac{M}{L} = \frac{1}{T_C} \text{ або } \frac{2M}{L} = \frac{1}{T} \quad (4.20)$$

де  $T_C$  – знаменник сер. відносної пом. ходу,  $T$  – знаменник граничної відносної пом. ходу.

З принципу рівних впливів помилок кутових і лінійних вимірювань для витягнутого полігонометричного ходу:

$$\frac{m_u}{L} = \frac{1}{T_C \sqrt{2}}, \quad \frac{m_t}{L} = \frac{1}{T_C \sqrt{2}} \quad (4.21)$$

Поперечна помилка кінцевої точки ходу є наслідок помилок кутових вимірів, таким чином згідно (4.17):

$$m_u^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot L^2 \cdot \frac{n+3}{12} \quad (4.22)$$

Звідси:  $m_\beta^2 = \frac{m_u^2}{L^2} \cdot \rho^2 \cdot \frac{12}{n+3} \quad (4.23)$

Враховуючи (4.21) отримаємо:

$$m_\beta^2 = \frac{1 \cdot \rho^2}{T_C \cdot 2} \cdot \frac{12}{n+3} \quad (4.24)$$

$$m_{\alpha} = m_n = m_{\beta} = m_{\beta'} = m_{\beta''} = m_{\beta_{\text{вип}}} \quad (4.25) \quad m_{\beta_{\text{вип}}} = \frac{\sqrt{5}}{m_{\beta}} \quad (4.26)$$

Коли для лінійних вимірювань використовуються світловіддалеміри, систематичними похибками яких можна знехтувати, тоді:

$$m_t^2 = m_s^2 \cdot n \quad (4.27)$$

Залежність с.к.п виміру ліній і коефіцієнтом впливу випадкових помилок  $\mu$ :

$$m_s^2 = \mu \cdot S \quad (4.28)$$

де  $S$  – середня (оптимальна) довжина ліній, м.

Відповідно до (4.27):

$$m_t^2 = \mu^2 \cdot L \quad (4.29)$$

Виходячи з принципу однакових впливів кутових та лінійних вимірювань:

$$\frac{m_t}{L} = \frac{1}{T_c \sqrt{2}} \quad \text{або} \quad m_t = \frac{L}{T_c \sqrt{2}} \quad (4.30)$$

Прирівнявши (4.28) та (4.30) отримаємо:

$$\frac{L}{T_c \sqrt{2}} = \mu \cdot \sqrt{L} \quad (4.31)$$

Звідки:  $\mu = \frac{\sqrt{L}}{T_c \sqrt{2}} \quad (4.32)$

$$m_s = \frac{S \cdot \sqrt{n}}{T_c \sqrt{2}} \quad (4.33)$$

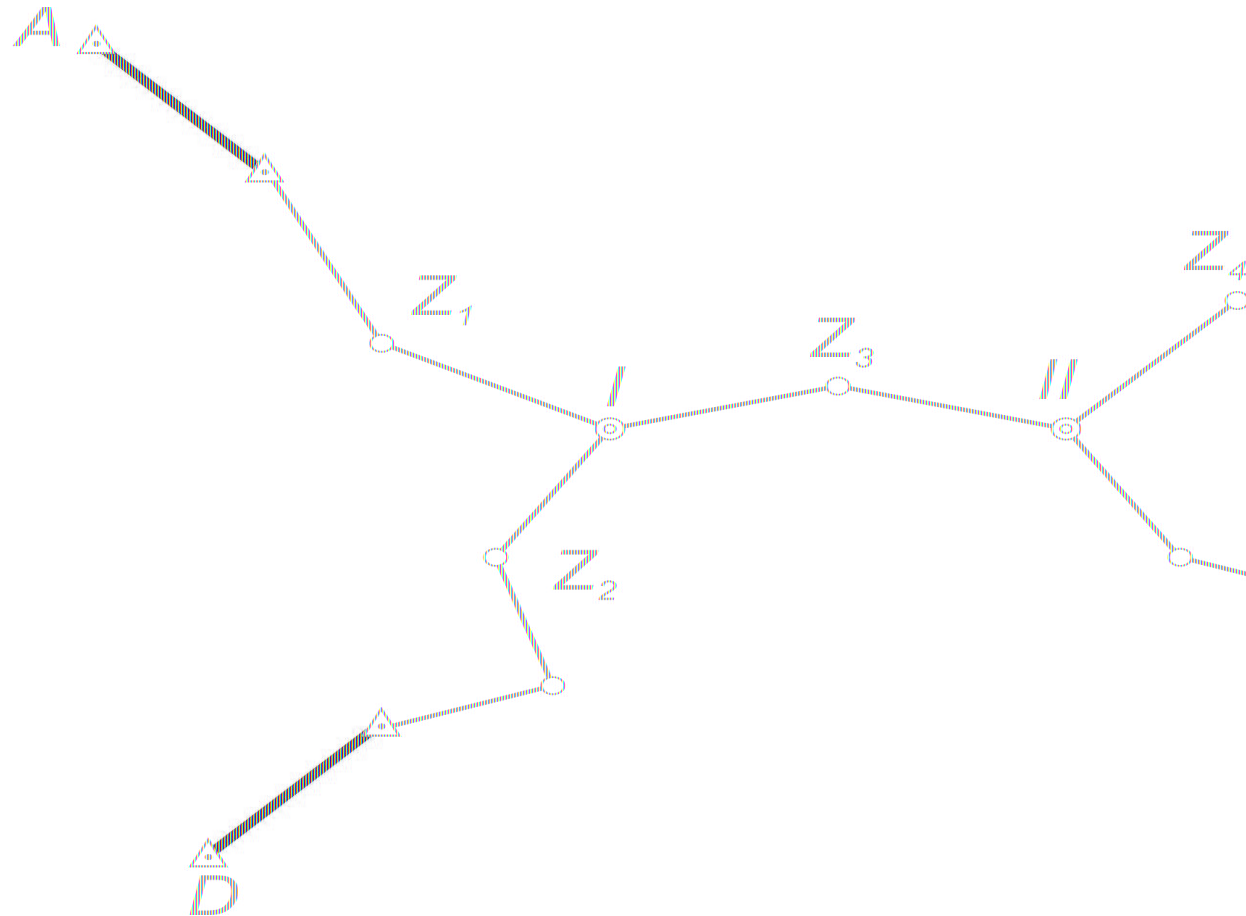
Враховуючи (4.27) отримаємо:



## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Полігонометрія

### *Оцінка точності полігонометричних мереж*

- $M_{Z_1}$ , хід  $Z_1$  від точки  $A$ ;
- $M_{Z_2}$ , хід  $Z_2$  від точки  $D$ ;
- $M_{Z_3}$ , хід  $Z_3$  від точки  $II$ ;
- $M_{Z_4}$ , хід  $Z_4$  від точки  $B$ ;
- $M_{Z_5}$ , хід  $Z_5$  від точки  $C$ .



Далі знаходять ваги цих ходів:

$$P'_{z_i} = \frac{C}{M_{z_i}^2} \quad (4.34)$$

Після цього шукають середню квадратичну помилку положення вузлової точки в нашому випадку I:

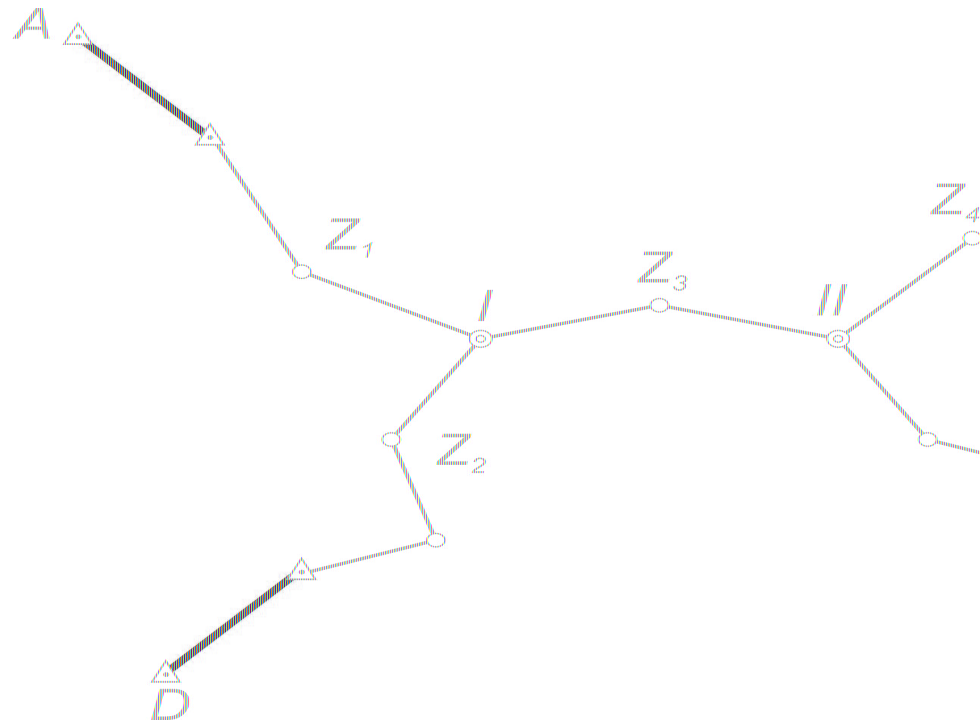
$$(M_I)_1^2 = \frac{C}{P'_I} \quad (4.35)$$

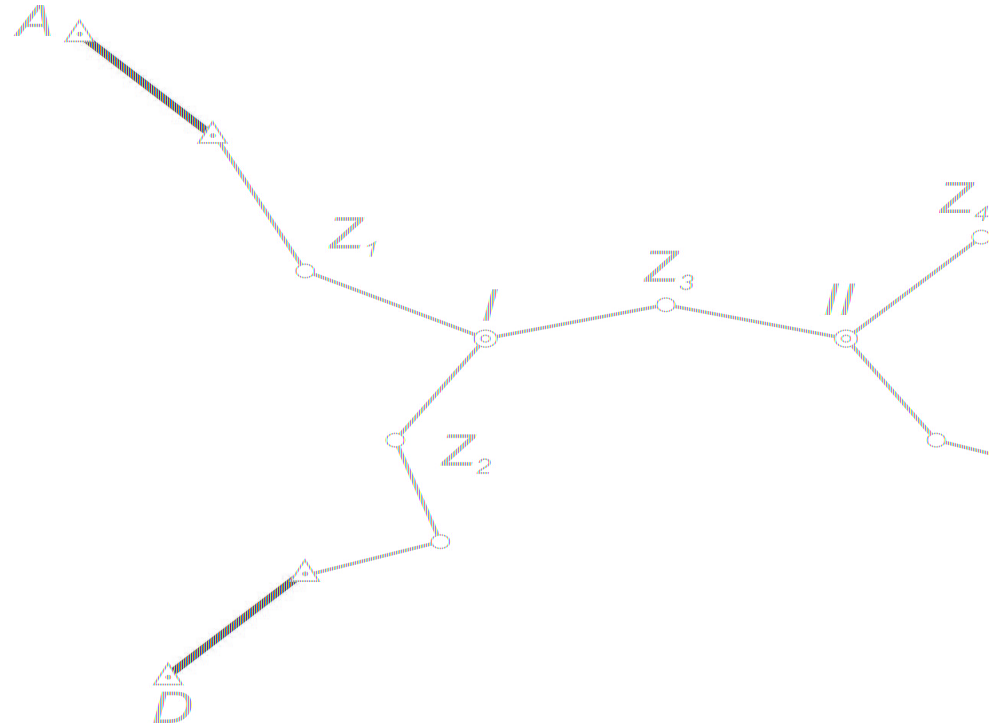
де:  $P'_I = P'_{z_1} + P'_{z_2} + P'_{z_3}$  (4.36)

Аналогічно рахуємо середню квадратичну похибку для II вузлової точки:

$$(M_{II})_1^2 = \frac{C}{P'_{II}} \quad (4.37)$$

де:  $P'_{II} = P'_{z_3} + P'_{z_4} + P'_{z_5}$  (4.38)





В II наближенні ваги ходів:

$$P''_{Z1} = P'_{Z1} = \frac{C}{M_{Z1}^2}, P''_{Z2} = P'_{Z2} = \frac{C}{M_{Z2}^2}, P''_{Z3} = \frac{C}{M_{Z3}^2 + (M_{II})_1^2}, \quad (86)$$

Для II вузлової точки будемо мати:

$$P''_{Z4} = P'_{Z4} = \frac{C}{M_{Z4}^2}, P''_{Z5} = P'_{Z5} = \frac{C}{M_{Z5}^2}, P''_{Z3} = \frac{C}{M_{Z3}^2 + (M_I)_1^2}, \quad (87)$$

Далі знаходять:  $(M_I)_2^2 = \frac{C}{P''_{II}}$  (88) де:  $P'_I = P''_{Z1} + P''_{Z2} + P''_{Z3}$  (89)

і  $(M_{II})_2^2 = \frac{C}{P''_{II}}$  (90) де:  $P''_{II} = P''_{Z3} + P''_{Z4} + P''_{Z5}$  (91)

$$\frac{M}{L} = \sqrt{\frac{M_{вих}^2 + M_{Zi}^2}{L}} \quad (92)$$

$$M_{вих}^2 = \sqrt{\frac{M_{II}^2 + M_k^2}{2}} \quad (93)$$

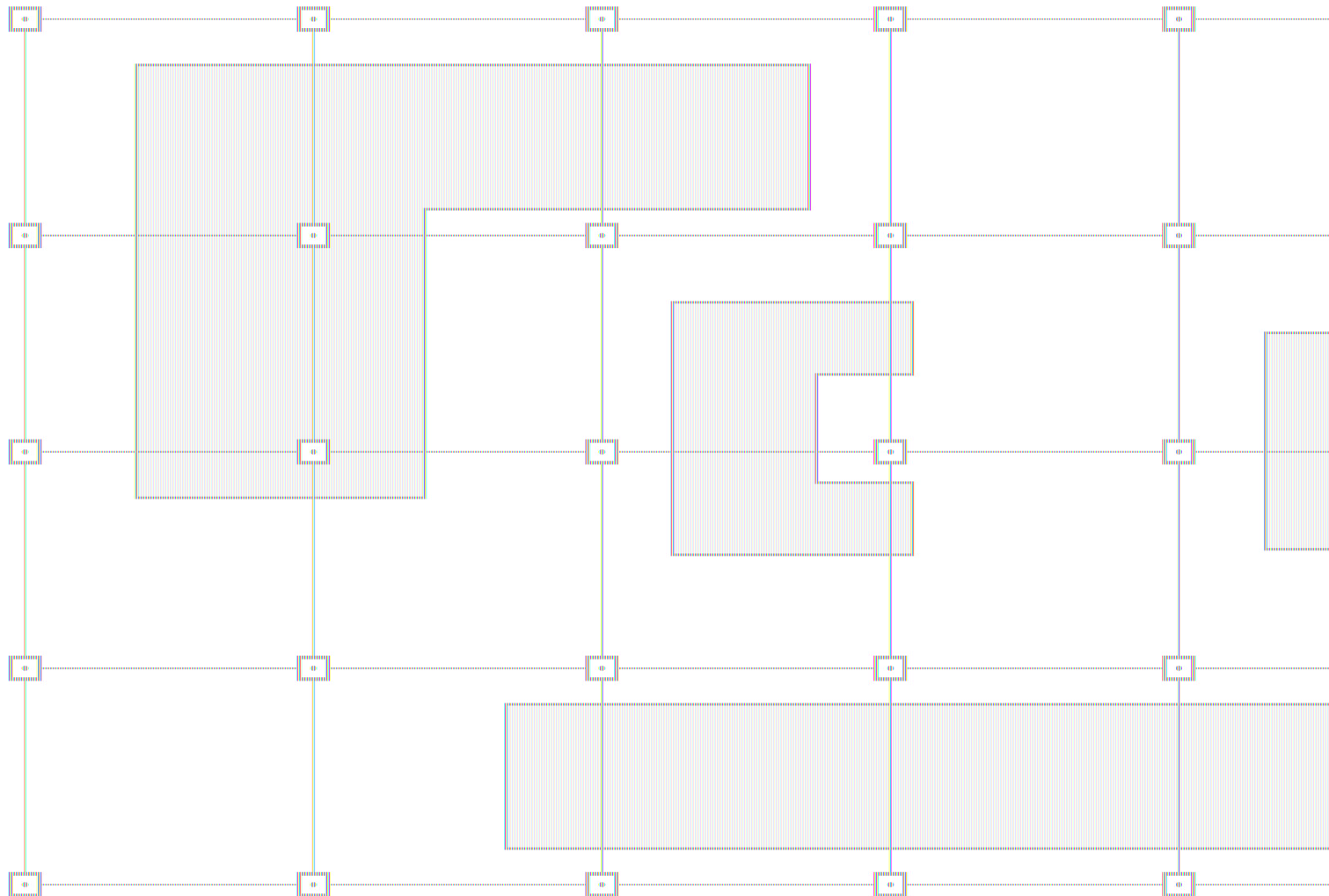
## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. **Будівельна сітка**

### *Етапи створення будівельної сітки*

- Проектування;
- Винесення вихідного напрямку будівельної сітки та пунктів;
- Визначення координат пунктів будівельної сітки;
- Редукування пунктів будівельної сітки;
- Контрольні вимірювання.

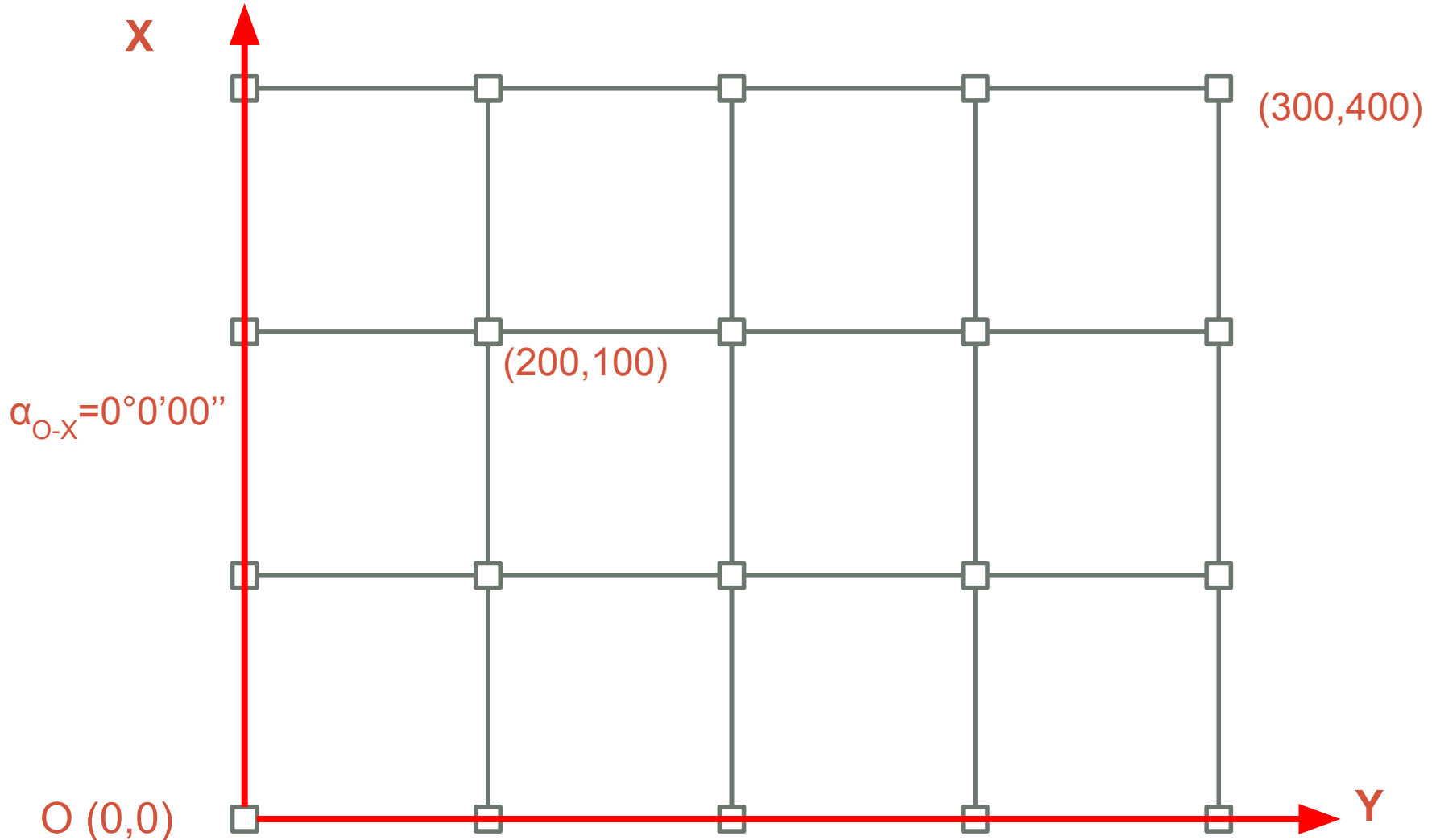
## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Будівельна сітка

*Проект будівельної сітки*



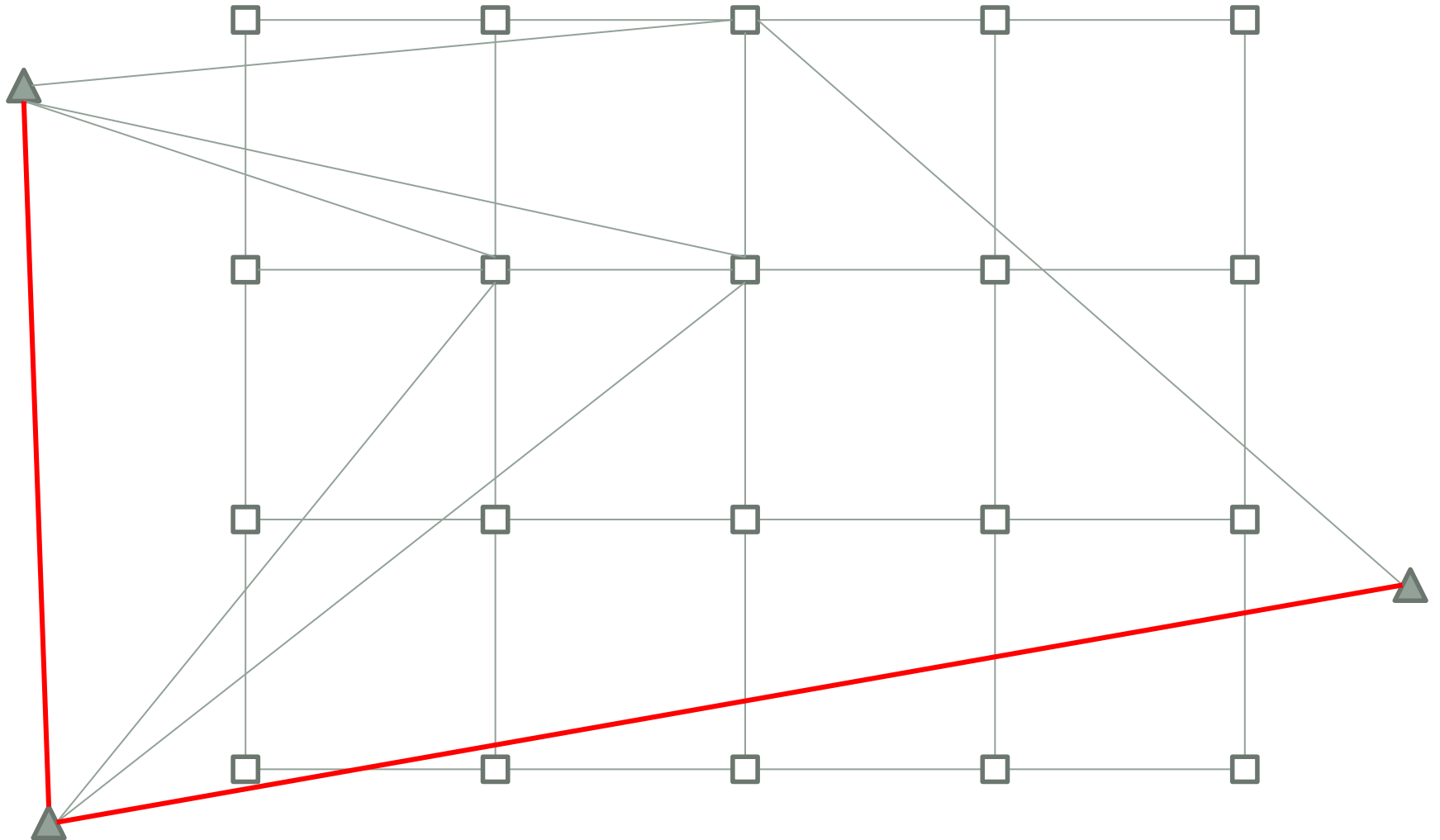
## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Будівельна сітка

*Система координат будівельної сітки*



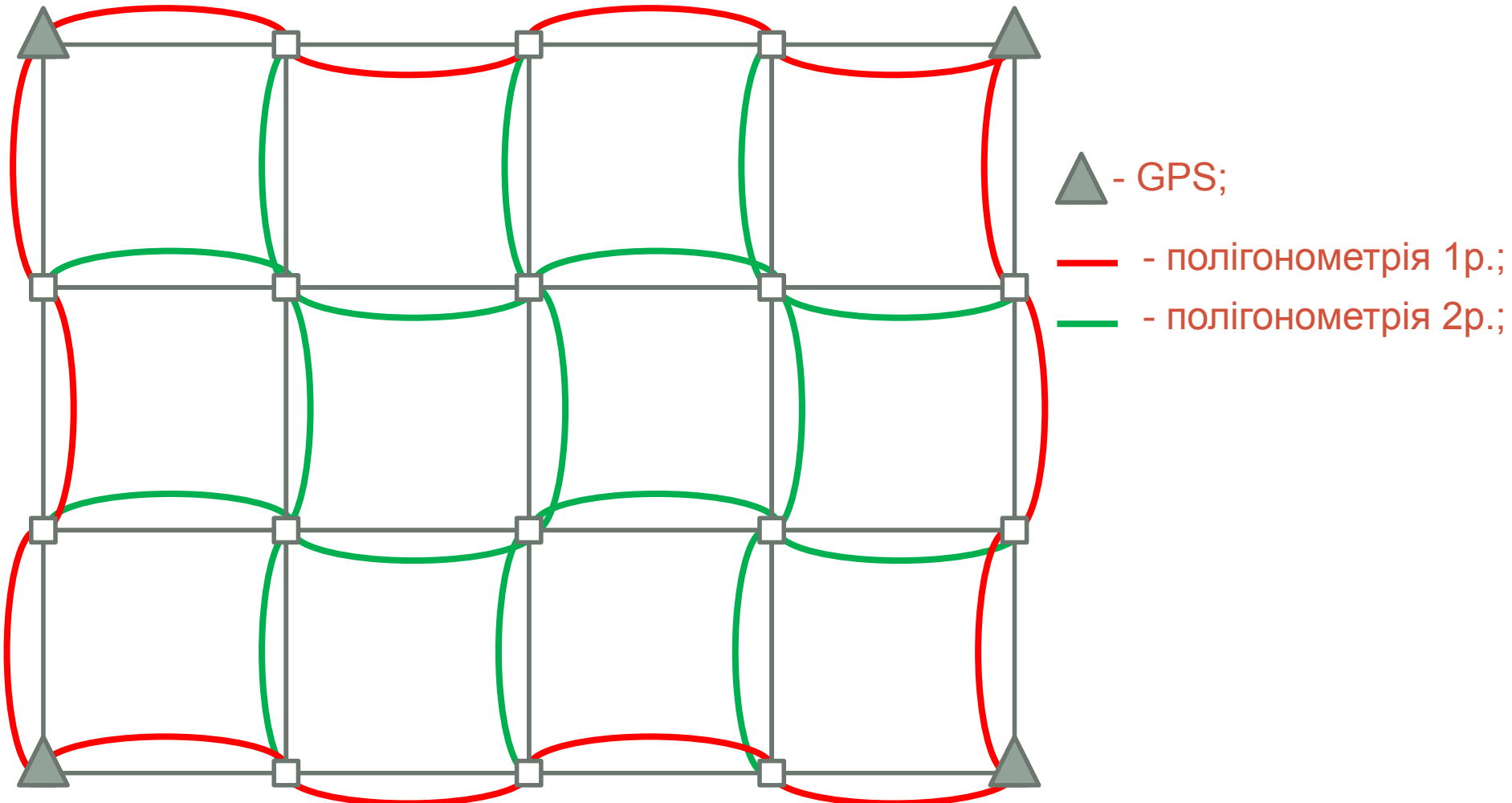
## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Будівельна сітка

*Осьовий спосіб розмітки будівельної сітки*



## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Будівельна сітка

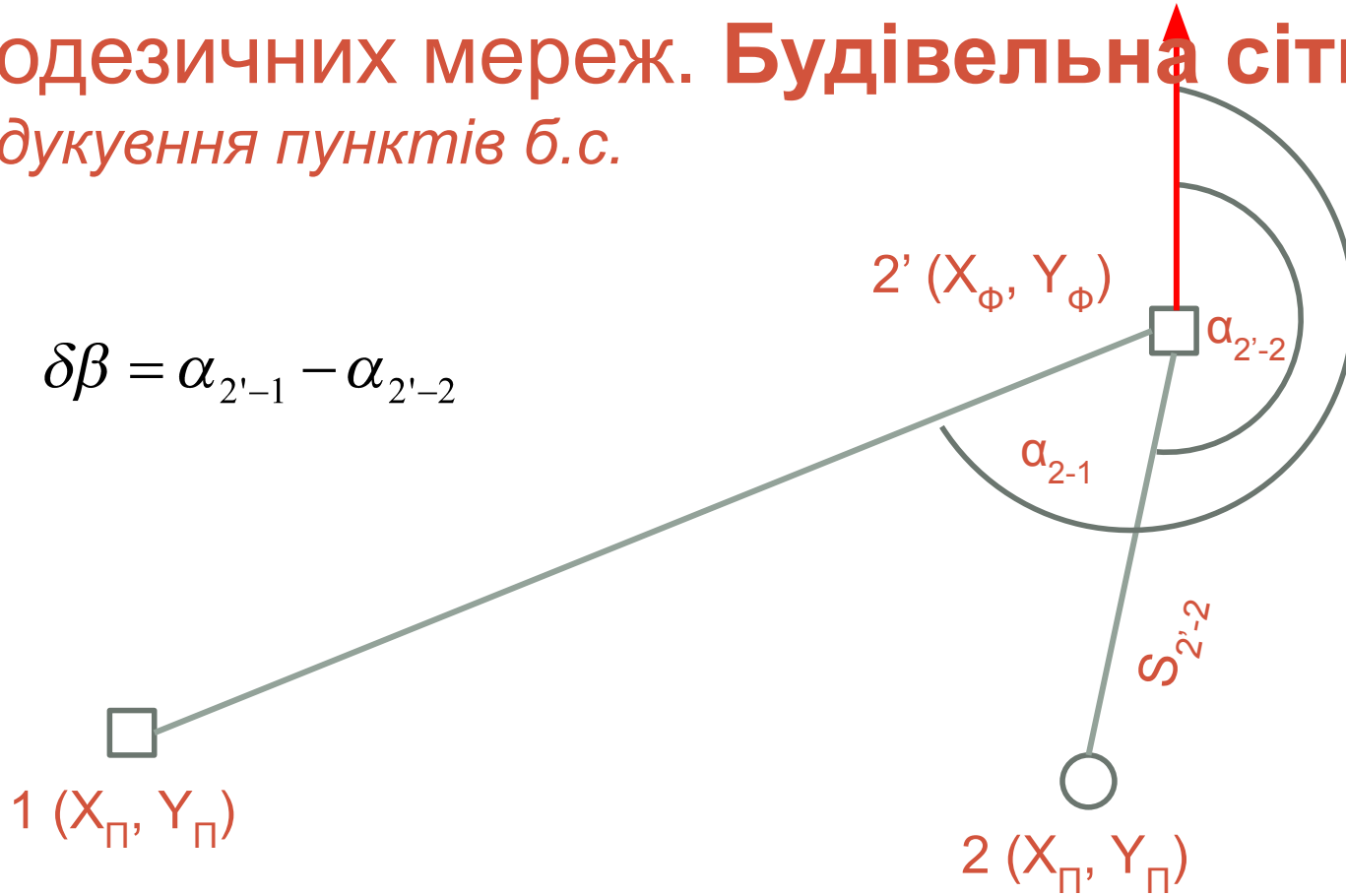
*Визначення координат пунктів б.с.*





## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. Будівельна сітка

*Редукування пунктів б.с.*



Критерієм точності розмічувальних робіт граничне відхилення будівельної конструкції від її проектного положення, воно дорівнює потрібній середній квадратичній похибці:

$$\Delta = 3m_0(4.47)$$

де:

$$m_0^2 = m_k^2 + m_M^2 + m_D^2 + m_\Gamma^2(4.48)$$

де  $m_k$  – похибка за неточність виготовлення деталей і конструкцій;  $m_M$  – помилка за монтування цих конструкцій;  $m_D$  – помилка за вплив довкілля на стан конструкцій;  $m_\Gamma$  – помилка геодезичних робіт.

При застосуванні принципу рівних впливів:

$$m_0 = 2m_\Gamma(4.49)$$

Звідки:

$$m_\Gamma = \frac{m_0}{2} = \frac{\Delta}{2 \cdot 3} \approx 0.2\Delta(4.50)$$

С.к.п. геодезичних робіт свою чергу буде складатися з:

$$m_{\Gamma}^2 = m_{\Pi}^2 + M^2 (4.51)$$

де  $m_{\Pi}$  – с.к.п. положення пункту б.с. відносно початкового пункту;  $M$  – с.к.п. положення точки споруди відносно данного пункту б.с.

Застосувавши принцип рівних впливів:

$$m_{\Gamma}^2 = 2m_{\Pi}^2 = 2M^2 (4.52)$$

З врахуванням (97):

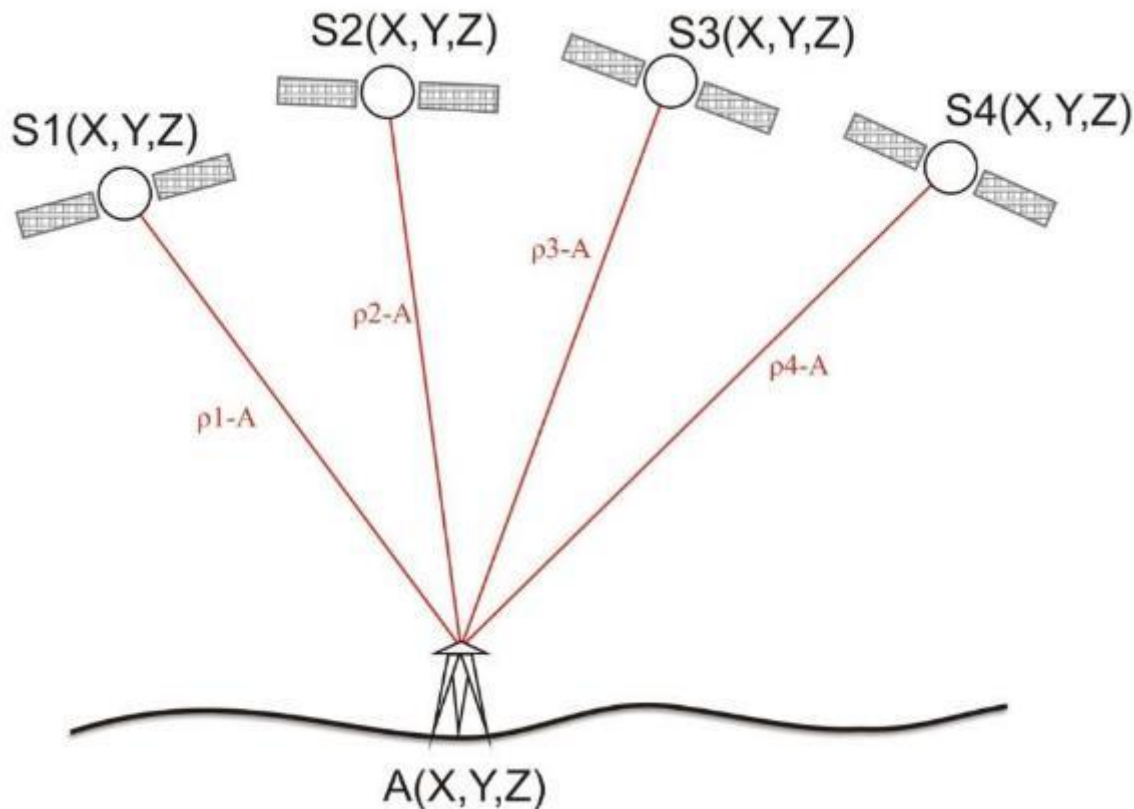
$$M = \frac{m_{\Gamma}}{6 \cdot \sqrt{2}} \approx 0.12\Delta (4.53)$$

З такою точністю необхідно побудувати останню ступінь.

Для попередніх розрахунків приймають, що ступені пов'язані між собою наступними залежностями:

$$m_I = \frac{m_{II}}{\sqrt{2}}; m_{II} = \frac{m_{III}}{\sqrt{2}}; \dots; m_n = \frac{m_{n-1}}{\sqrt{2}} (4.54)$$

## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. ГНСС



$$\rho_{\text{вим}} = \sqrt{(X_c - X_{np})^2 + (Y_c - Y_{np})^2 + (Z_c - Z_{np})^2} + c(\delta t_{np} - \delta t_c) + c\delta t_{\text{атм}}$$

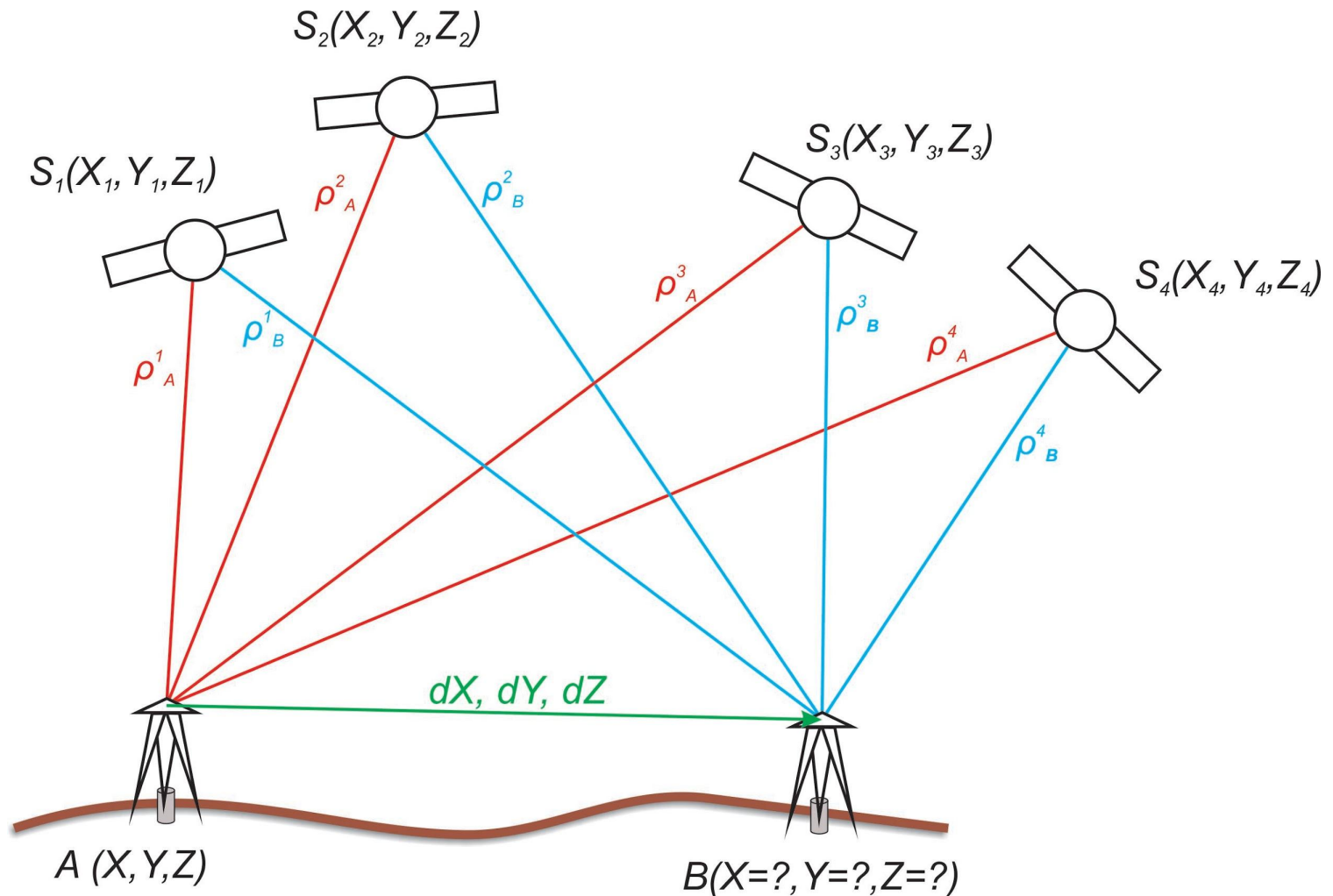
## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. ГНСС

### *Режими ГНСС спостережень*

- статичний режим;
- прискорений статичний режим;
- режим вимірів "стою-йду";
- кінематичний режим вимірів;
- кінематичний режим вимірів в реальному часі.

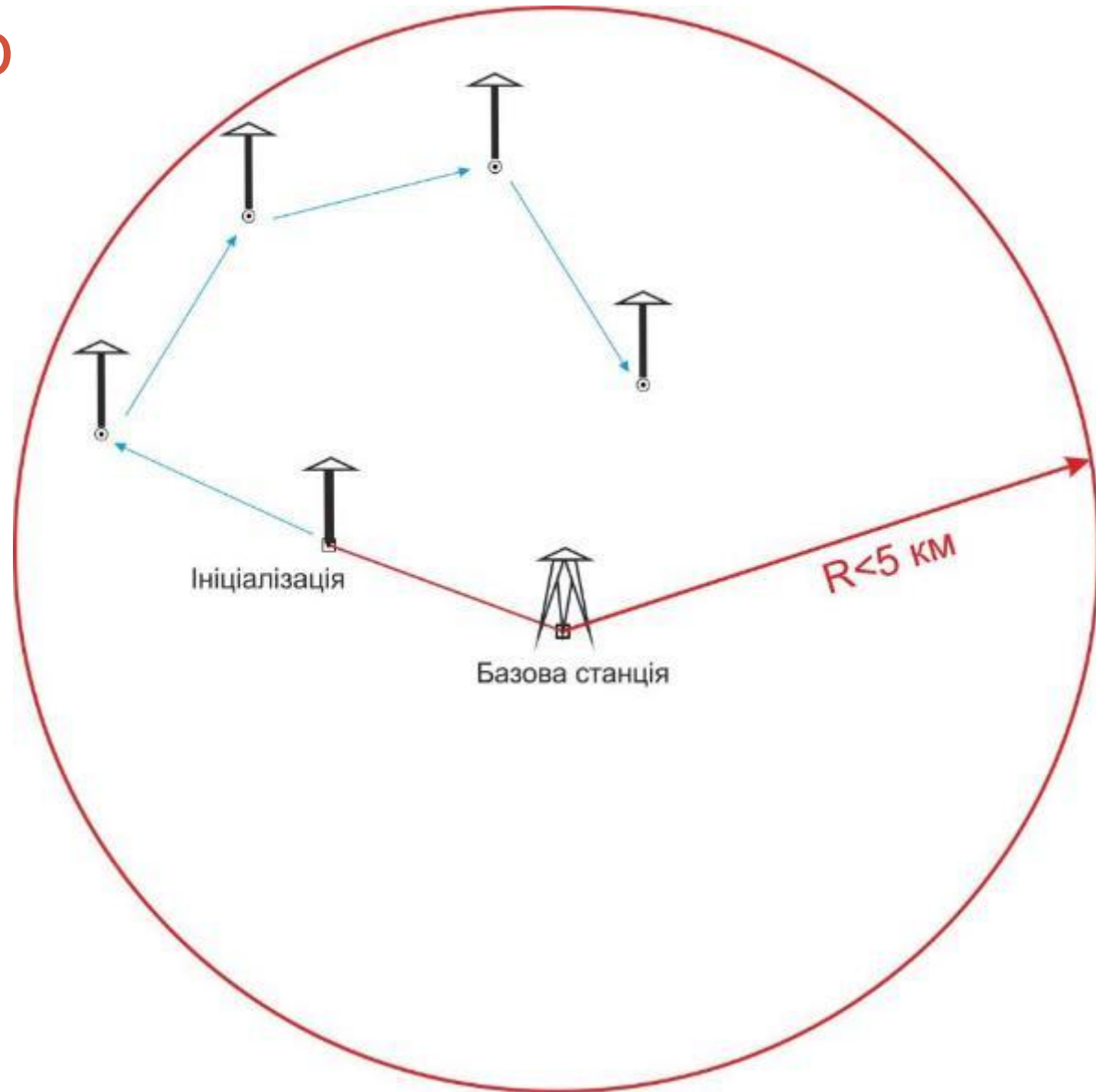
# 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. ГНСС

## Статичний режим



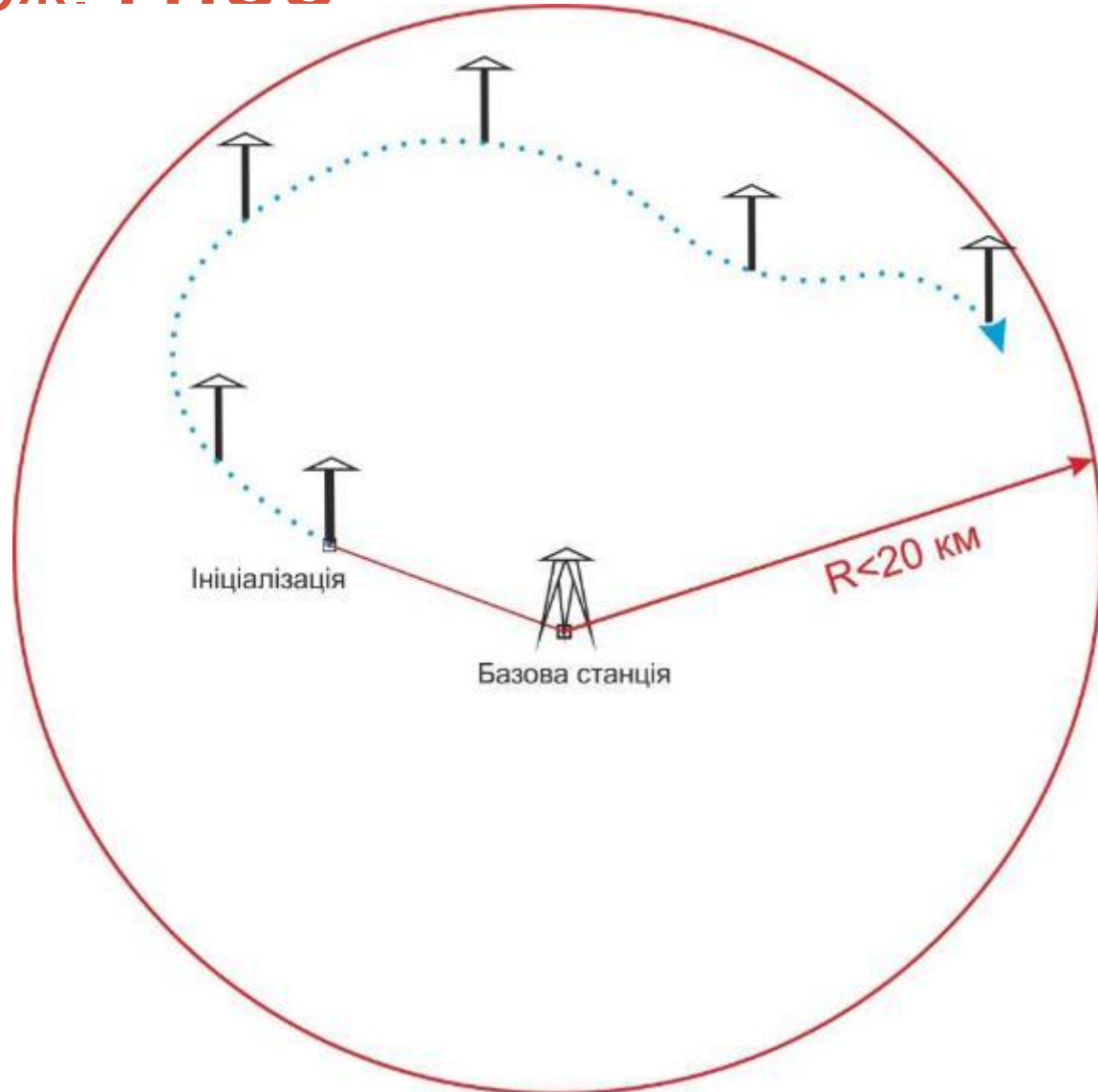
## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мер

*Режим стою-йду*



## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. ГНСС

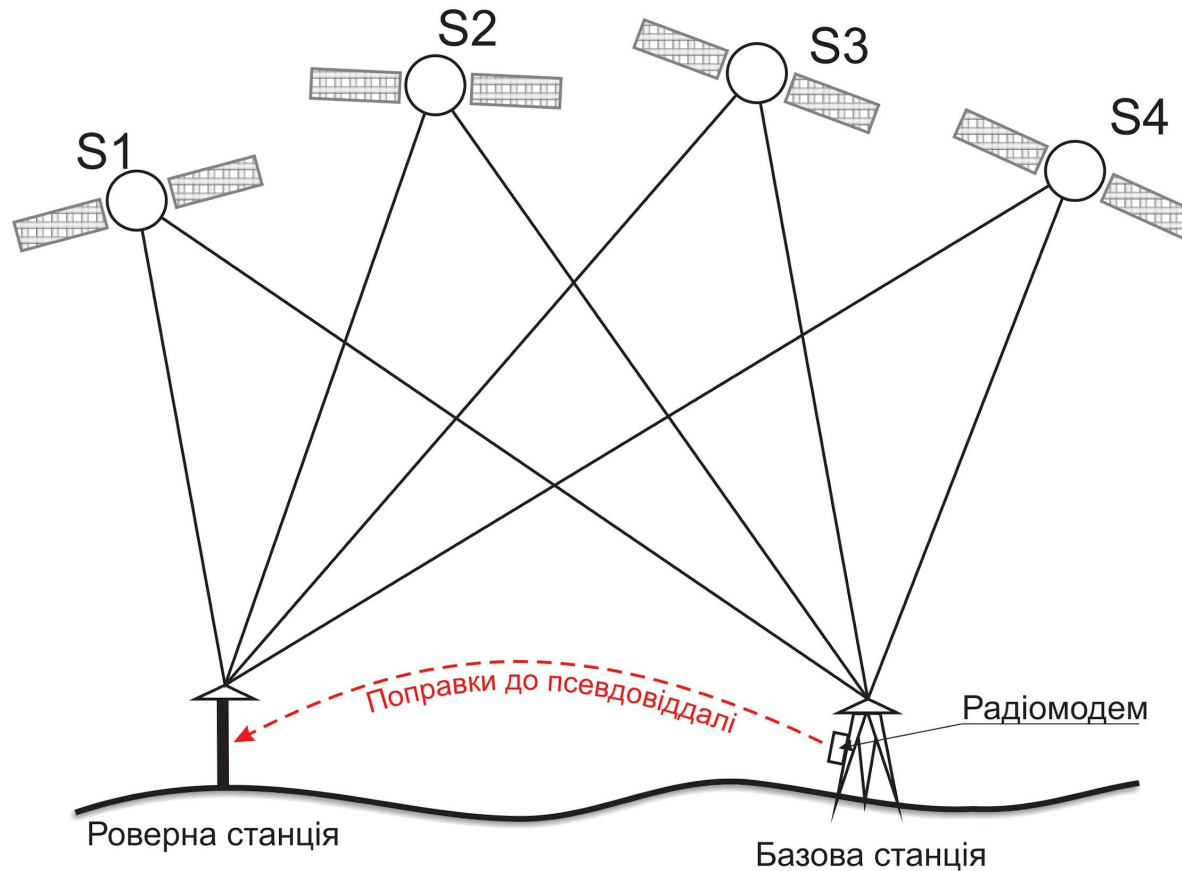
### *Кінематичний режим*





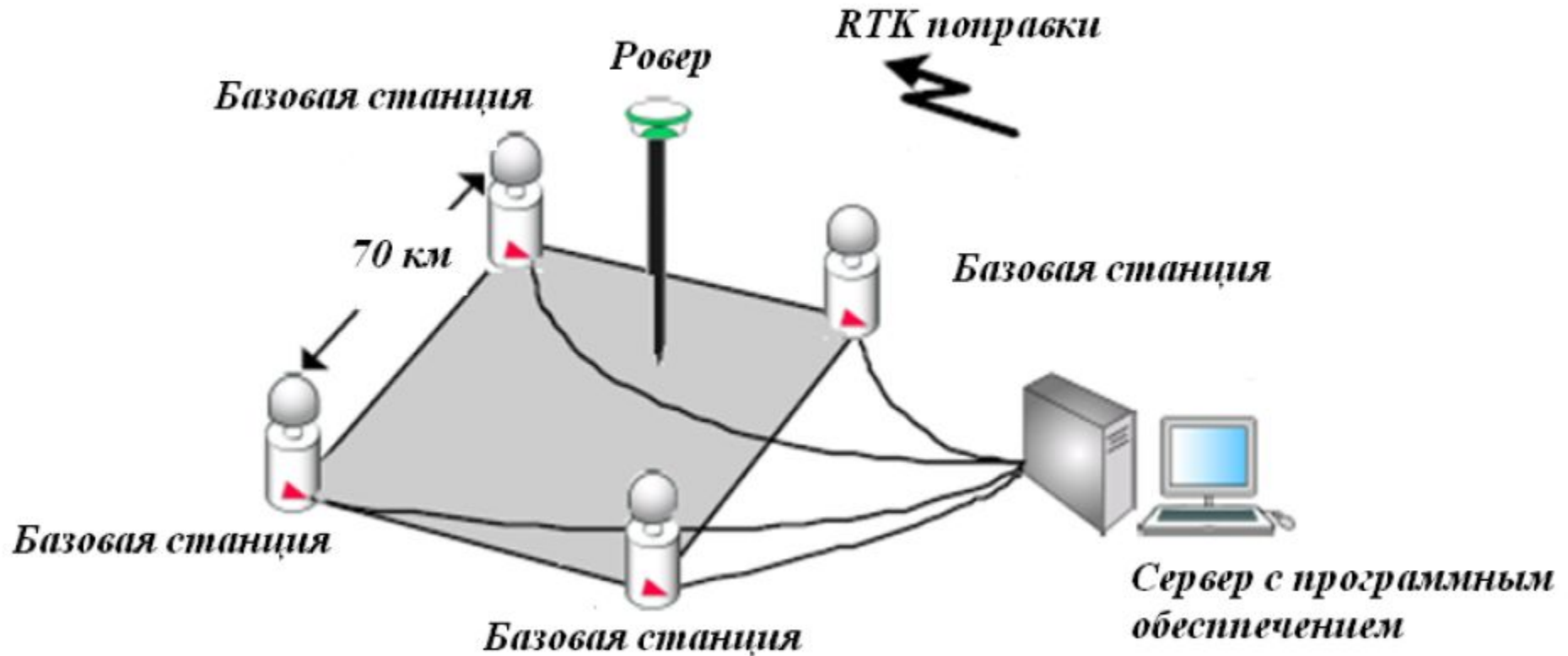
## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. ГНСС

### Режим RTK



## 4.2 Методи створення інженерно-геодезичних мереж. ГНСС

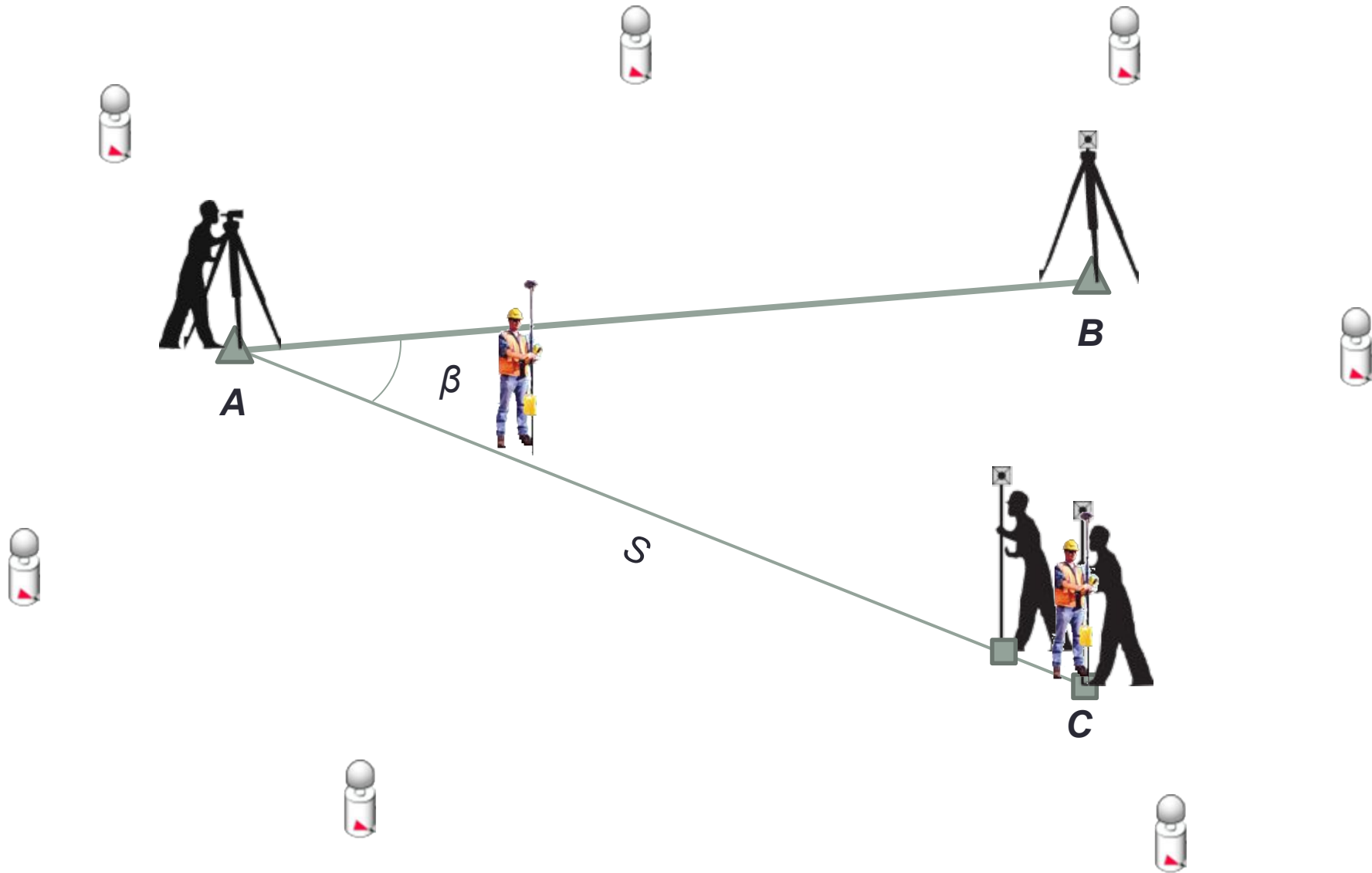
### Мережі базових станцій



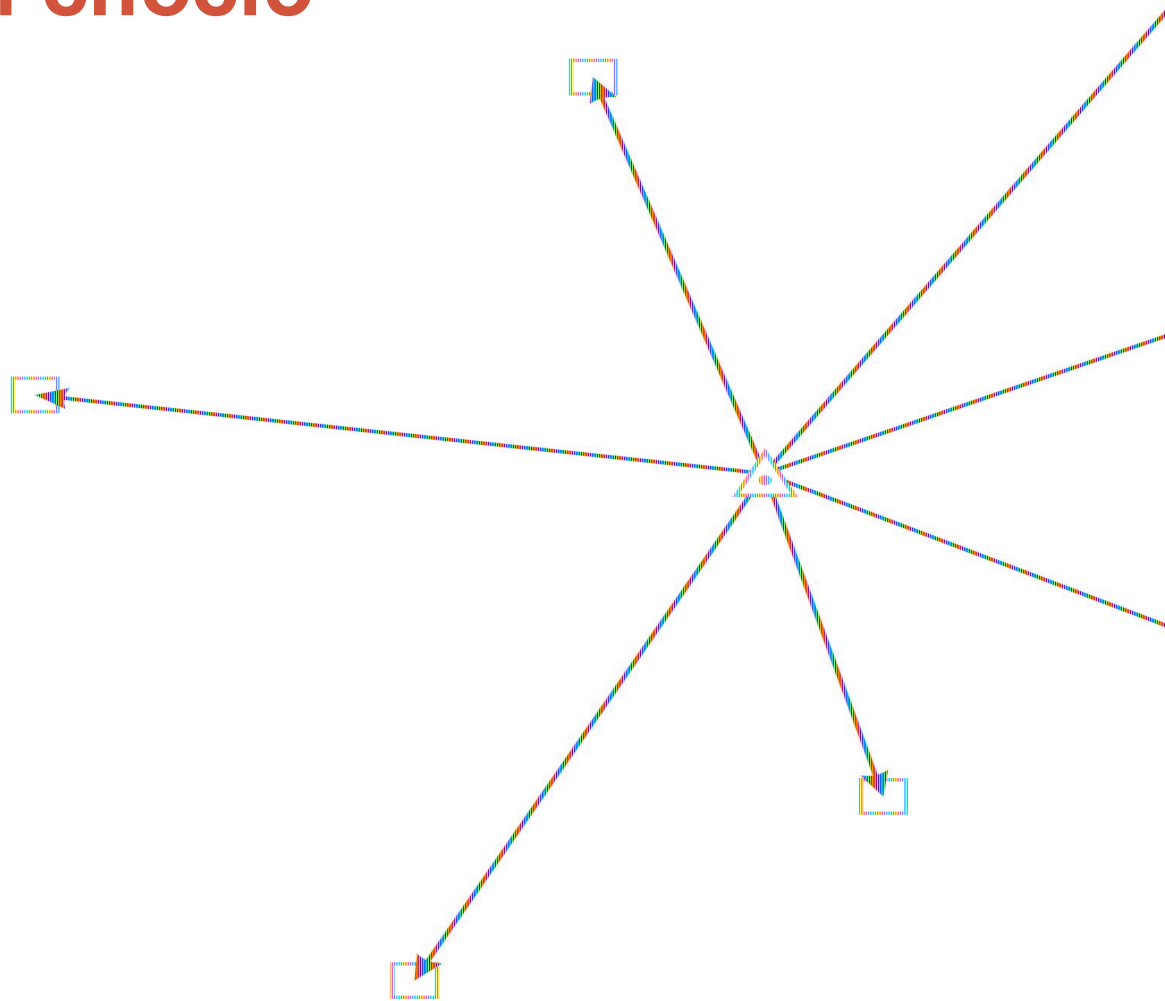
# Топографічне знімання



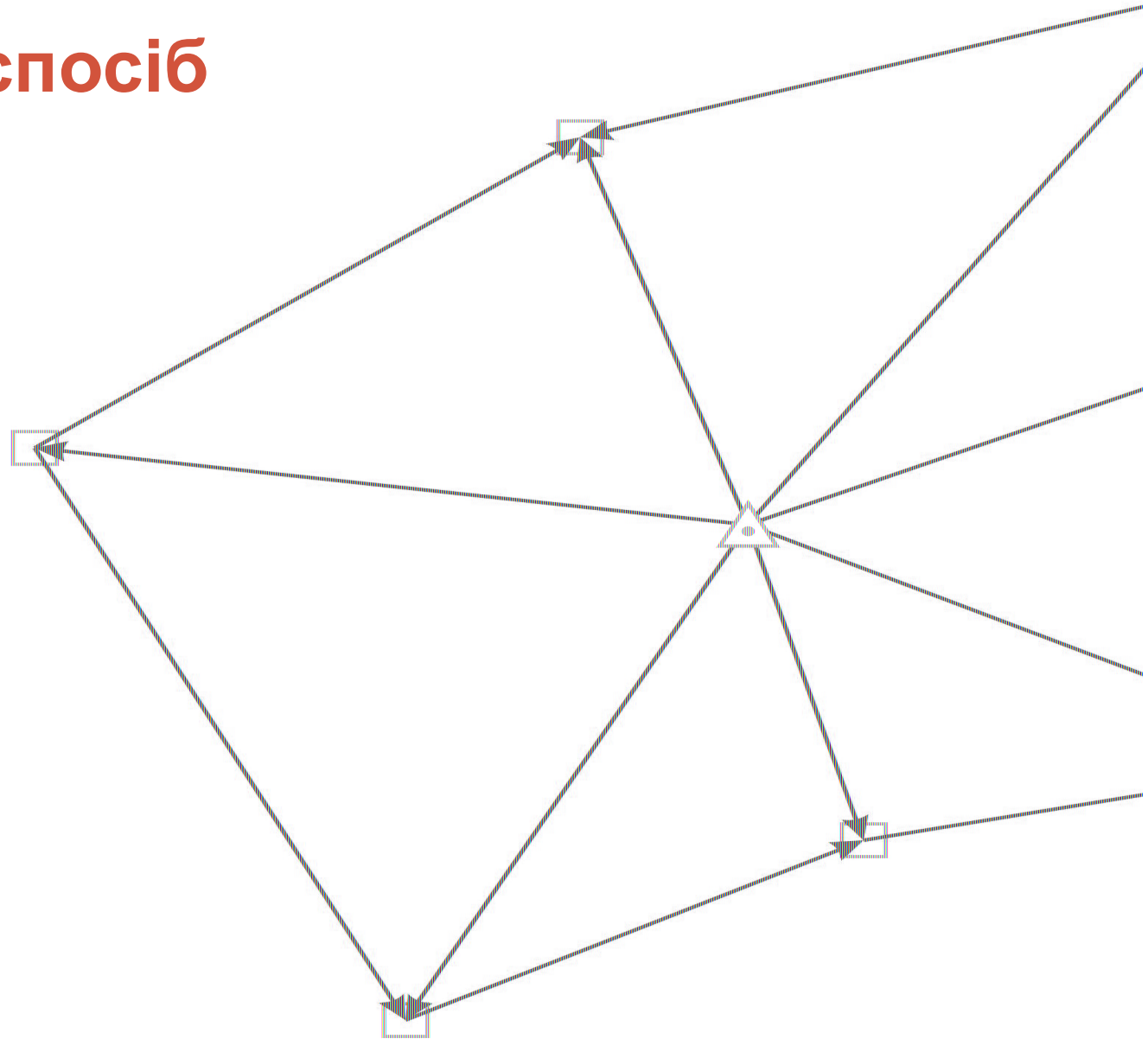
# Винесення точки в натуру



# Радіальний спосіб



# Мережевий спосіб



На практиці знайшли застосування дві основні технології:

- повторних вимірів на пунктах, при яких задається кількість обов'язкових повторних вимірів на кожному пункті мережі;
- обов'язкового виміру кожної лінії мережі.

Мінімальна кількість сеансів спостережень  $N$  для мережі з кількістю пунктів  $S$  при використанні  $R$  приймачів при кількості повторних вимірів  $M$  і кількості спільно використовуваних приймачів у попередньому й наступному сеансах  $O$  визначається для першої технології за формулою:

$$N = \frac{M - S}{R} \quad (101)$$

а для другої технології за формулою:

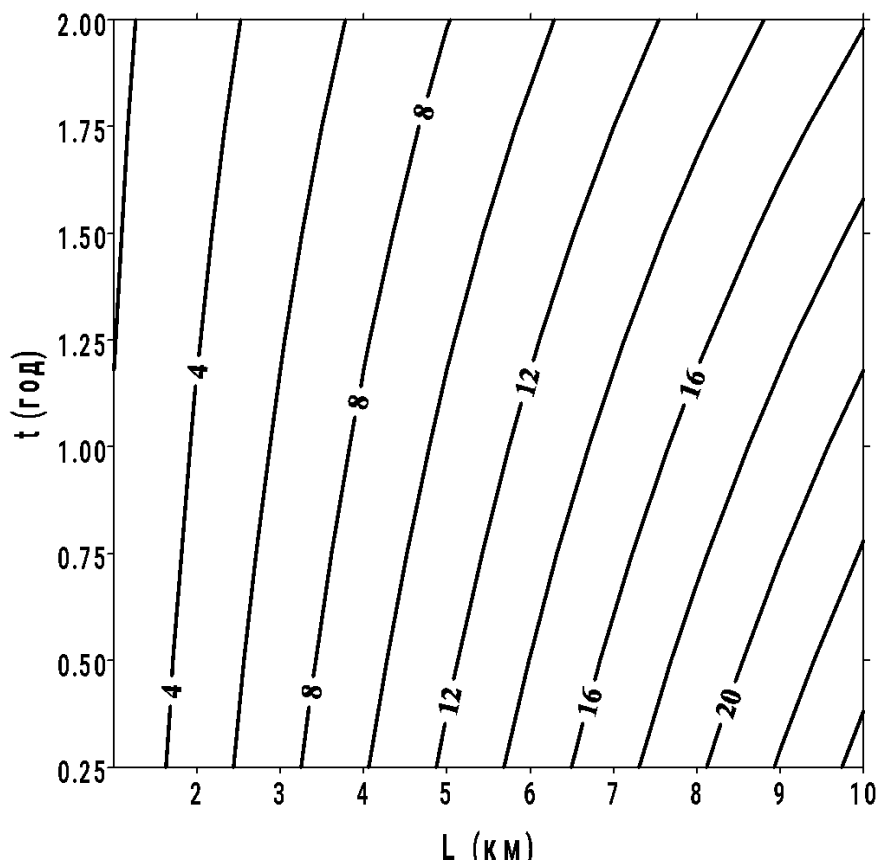
$$N = \frac{S - O}{R - O} \quad (102)$$

# Тривалість синхронних GPS спостережень окремих векторів для досягнення максимальної точності

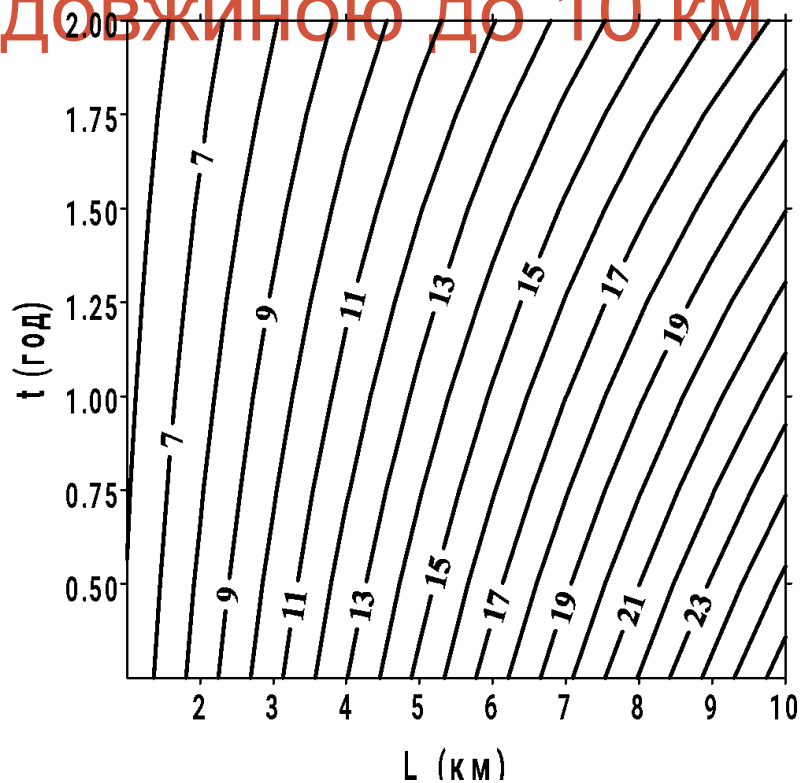
Відстань між пунктами <i>Км</i>	Тривалість спостережень <i>години</i>
10-20	12
5-10	6...12
2-5	3...6
до 2	1...2



Діаграма розрахунку точності визначення довжин векторів (мм) від тривалості спостережень двохчастотними приймачами на векторах довжиною до 10 км



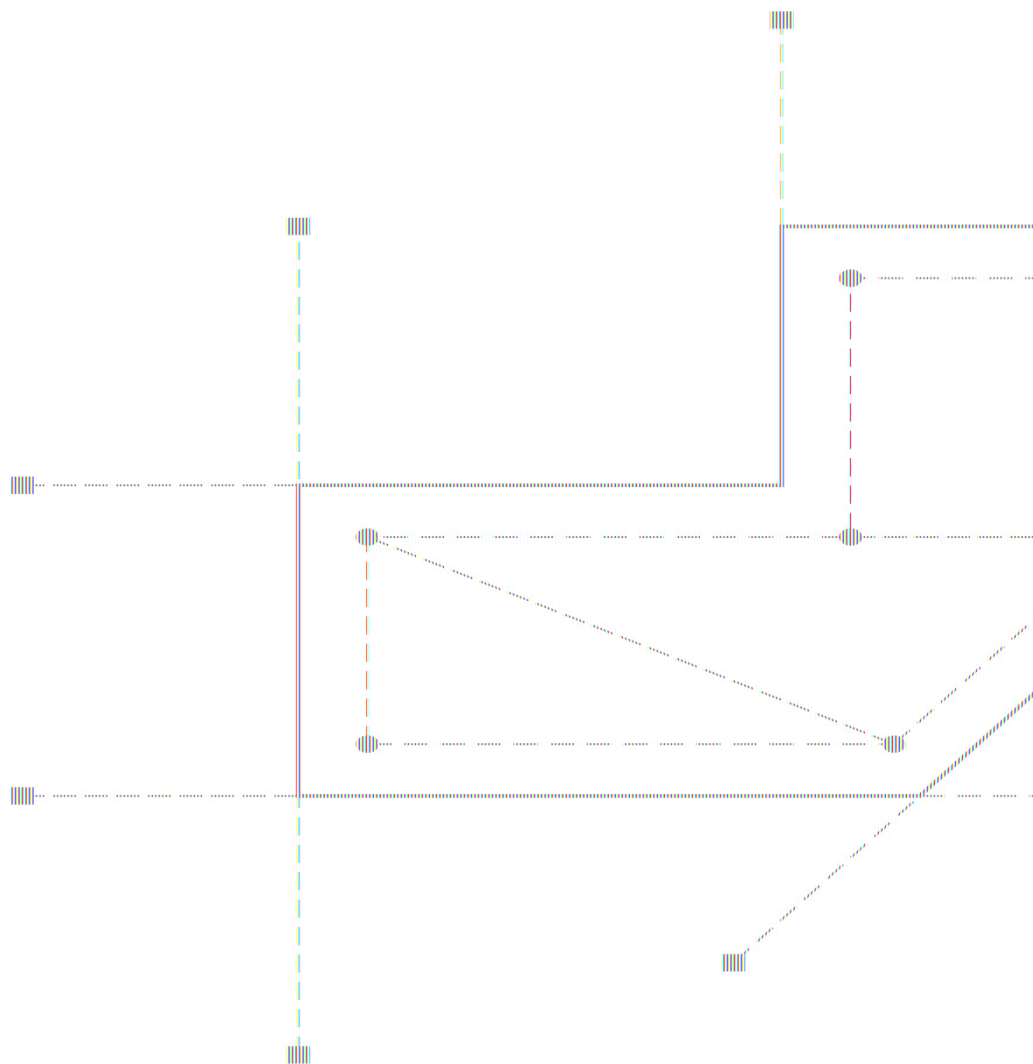
Діаграма розрахунку точності визначення перевищень (мм) від тривалості спостережень двохчастотними приймачами на векторах довжиною до 10 км



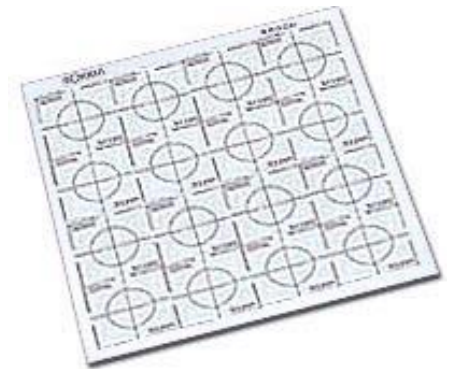
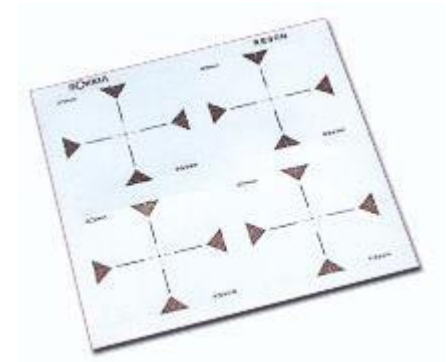
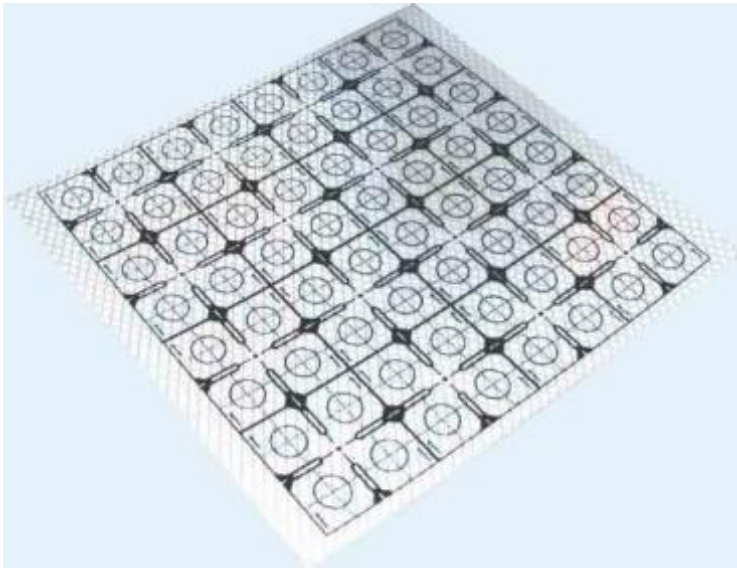
# Інтервали реєстрації навігаційних сигналів

Довжина векторів, <i>км</i>	Інтервал реєстрації навігаційних сигналів, <i>с</i>
10 - 20	30
до 10	10 - 30

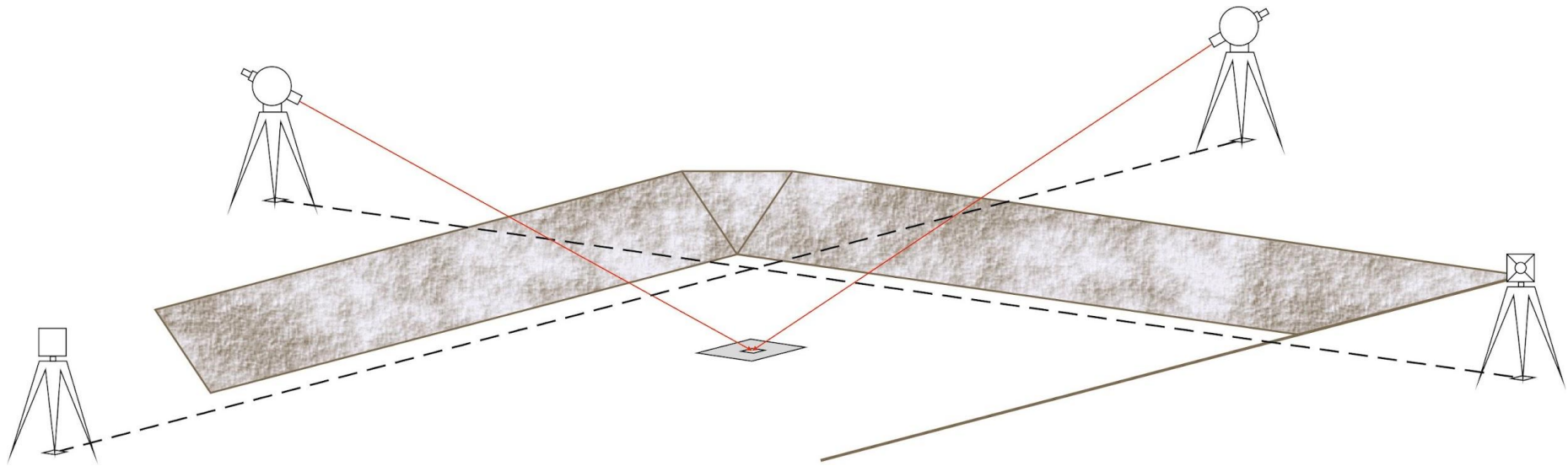
## 4.3 Зовнішня розмічувальна мережа будинку



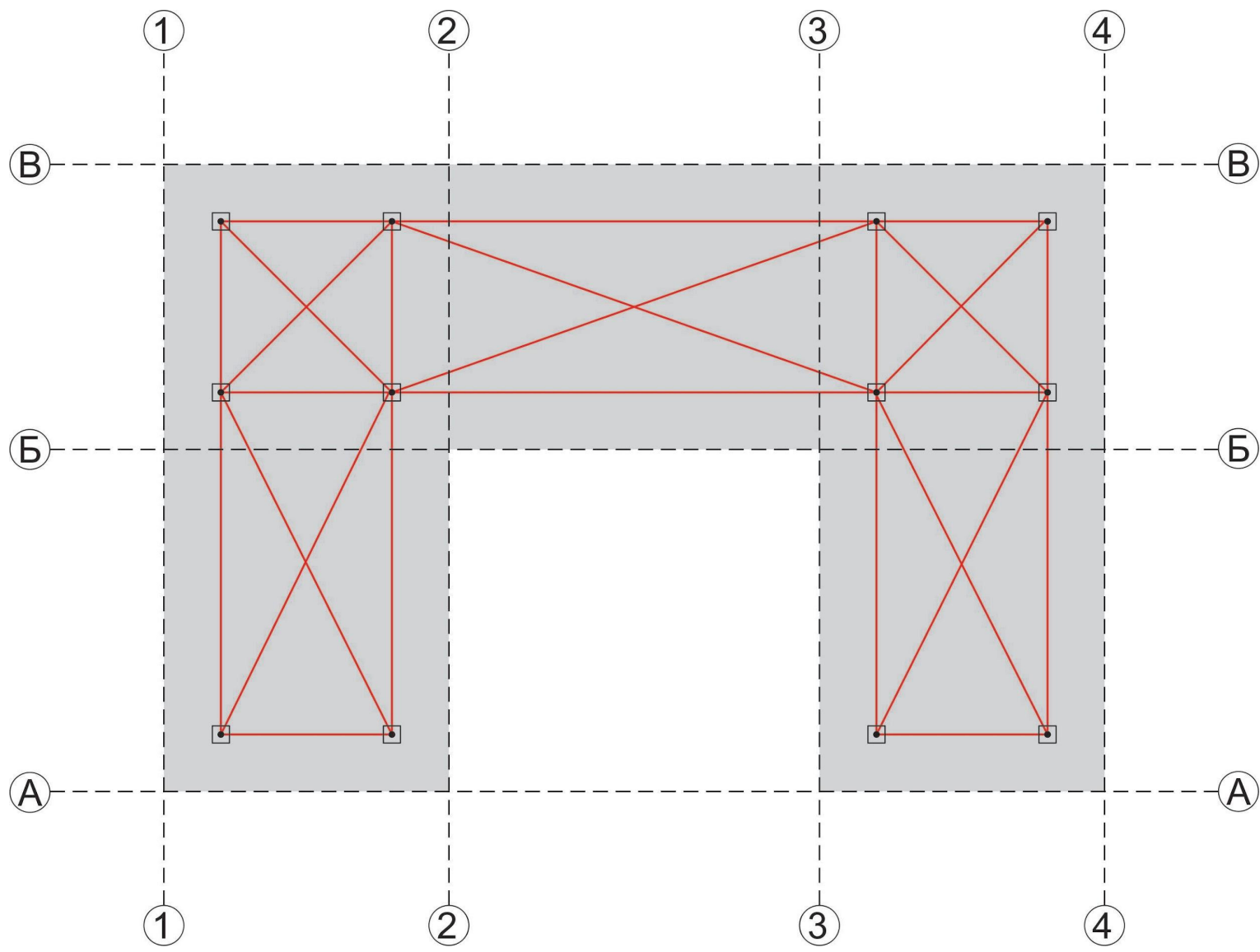
# Катафоти



## 4.3 Зовнішня розмічувальна мережа будинку (Мережа із знаків закріплення основних осей будинку)



## 4.4 Внутрішня розмічувальна мережа



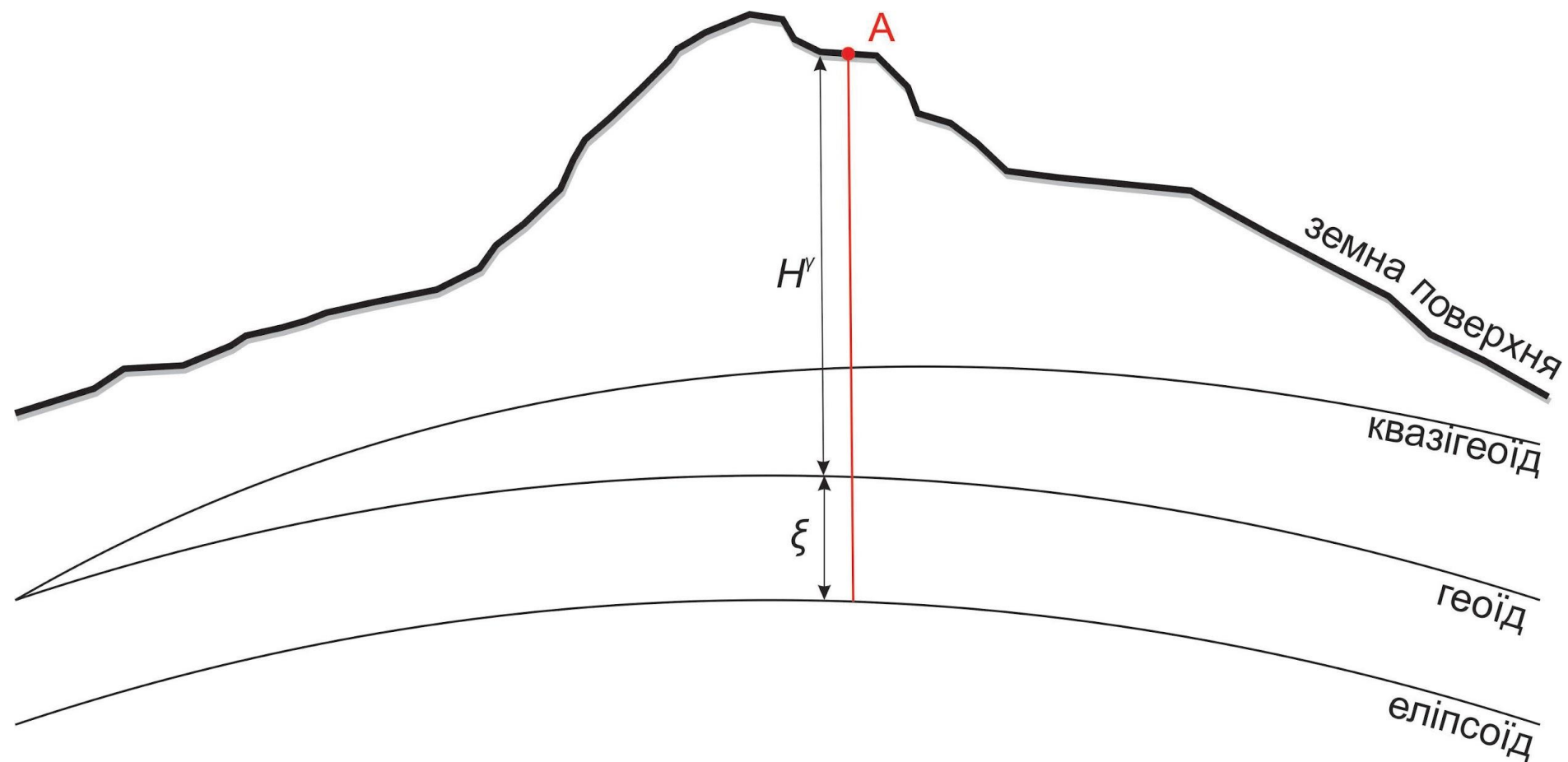
## 4.5 Висотна основа будівельного майданчика

Показник	II кл.	III кл.	IV кл.
Віддаль між знаками (марками, реперами) в ходах, км:			
- забудована територія	2	0,3	0,3
- не забудована територія	3	2,0	2,0
Довжина ходу між вузловими точками, км	10	5	-
Довжина візирного променя, м	75	100	150
Нерівність плеч	1(3)	2(4)	5(7)
Накопичення нерівності плеч	2(5)	5(7)	10(12 )
Висота візирного променя над зем. пов., не менше м	0,5	0,3	0,2
Різниця перевищень на станції	0,5	3	5
Граничні нев'язки в полігонах	$5 \sqrt{L}$	$10 \sqrt{L}$	$20 \sqrt{L}$
Випадкова с.к.п. на мм/км	2	5	10
Приладова с.к.п. виміру 1 перевищення на 1 км подвійного ходу	1,5	3,0	6,0



# 4.5 Висотна основа будівельного майданчика

## Система висот



## 4.5 Висотна основа будівельного майданчика

### *Нівелювання II класу*

Спостереження шкал рейок виконують через бісектор сітки ниток на не парній станції у наступній послідовності:

- Задня рейка основна шкала;
- Передня рейка основна шкала;
- Передня рейка додаткова шкала;
- Задня рейка додаткова шкала.

На парній станції наступній послідовності:

- Передня рейка основна шкала;
- Задня рейка основна шкала;
- Задня додаткова додаткова шкала;
- Передня рейка додаткова шкала.

Прилади: Н2, НА-1, НСЗ Н05, Ni004, Ni002, Н1, DINI07, DNA03.

## 4.5 Висотна основа будівельного майданчика

### *Нівелювання III класу*

Спостереження шкал рейок виконують через бісектор сітки ниток на не парній станції у наступній послідовності:

- Задня рейка основна шкала;
- Передня рейка основна шкала;
- Передня рейка додаткова шкала;
- Задня рейка додаткова шкала.

На парній станції наступній послідовності:

- Передня рейка основна шкала;
- Задня рейка основна шкала;
- Задня додаткова додаткова шкала;
- Передня рейка додаткова шкала.

Прилади: НЗ, НСЗ, НРЗ, Sprinter.

## 4.5 Висотна основа будівельного майданчика

### *Нівелювання IV класу*

Спостереження рейок виконують на не парній станції у наступній послідовності:

- Задня рейка основна шкала;
- Передня рейка основна шкала;
- Передня рейка додаткова шкала;
- Задня рейка додаткова шкала.

На парній станції наступній послідовності:

- Передня рейка основна шкала;
- Задня рейка основна шкала;
- Задня додаткова додаткова шкала;
- Передня рейка додаткова шкала.

Прилади: НС4, НЗ, Ni025 та двохсторонні рейки.