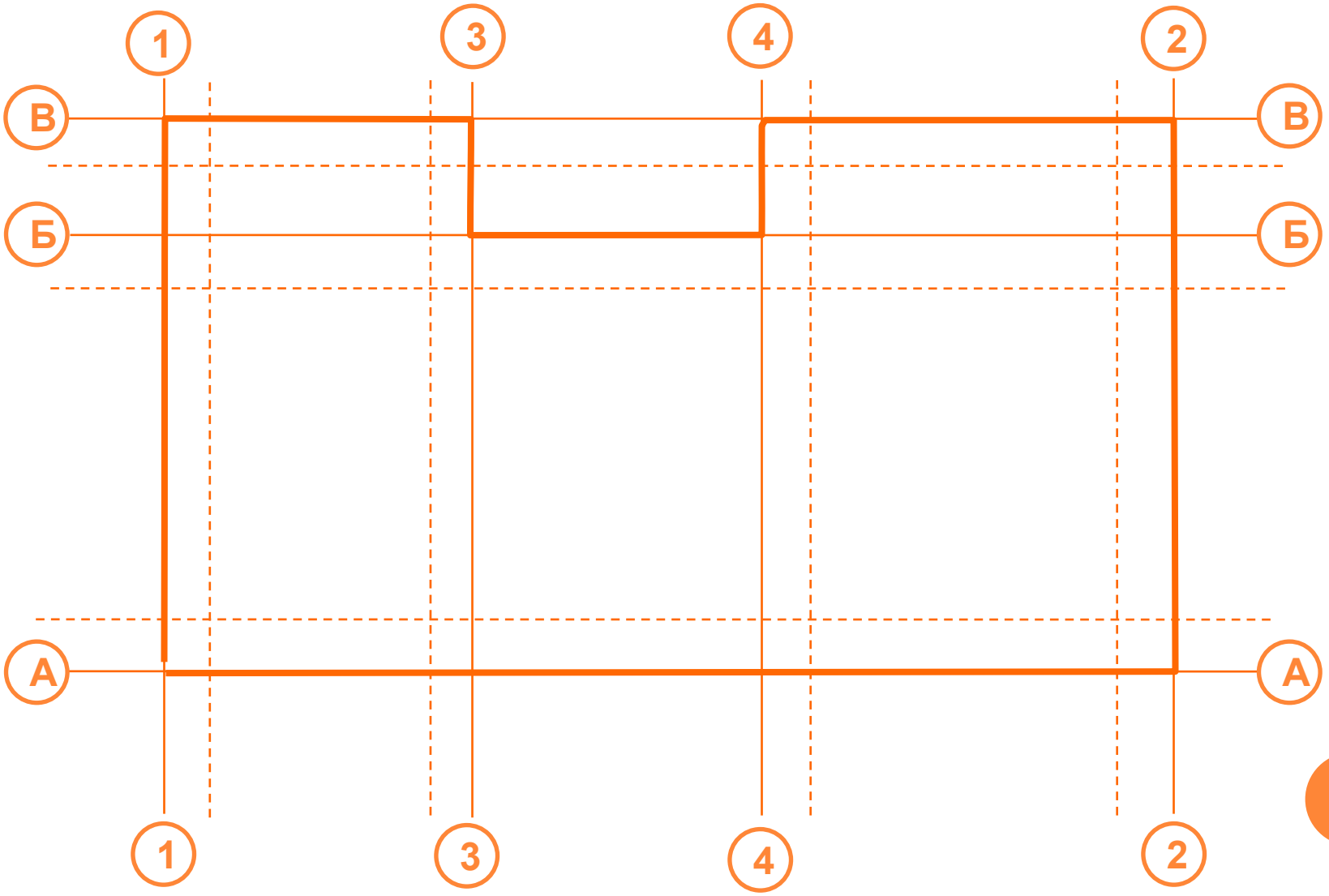
Геодезичні розмічувальні роботи

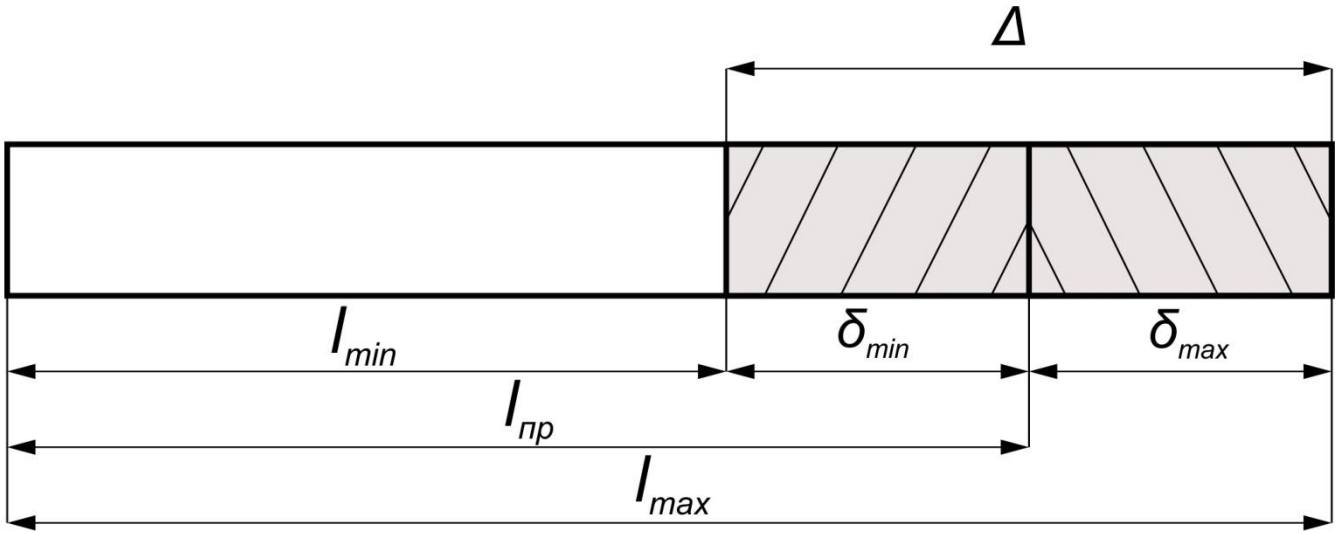
3.1 Етапи розмічувальних робіт

- Основні розмічувальні роботи;
- Детальна розбивка споруди;
- Розбивка осей технологічного обладнання.

3.1 Етапи розмічувальних робіт



3.2 Норми точності розмічувальних робіт



Δ допуск розміру (поле допуску):

$$\Delta = l_{\max} - l_{\min} \quad (3.1)$$

3.2 Норми точності розмічувальних робіт

$\Delta_Р$ – допуск розташування на місцевості головних і основних осей споруди відносно пунктів опорної геодезичної мережі;

$\Delta_Б$ – будівельний допуск взаємного положення конструкцій, об’єктів чи їх частин:

$$\Delta_Б^2 = \Delta_В^2 + \Delta_Г^2 + \Delta_М^2 \quad (3.2)$$

$\Delta_В$ – допуск виготовлення конструкції;

$\Delta_Г$ – допуск винесення розмічувальних осей на місцевості, тобто допуск на геодезичні роботи;

$\Delta_М$ – допуск будівельно-монтажних робіт.

Допуски $\Delta_В$, $\Delta_Г$, $\Delta_М$, приймають вірними один одому, тобто:

$$\Delta_В = \Delta_Г = \Delta_М \quad (3.3)$$

$$\Delta_Б = \Delta_Г \cdot \sqrt{3} \quad (3.4)$$

3.2 Норми точності розмічувальних робіт

Можемо прийняти:

$$\Delta_Г = 3 \cdot m_Г (3.5)$$

Тоді:

$$\Delta_Б = 3m_Г \cdot \sqrt{3} (3.6)$$

Звідки:

$$m_Г = \frac{\Delta_Б}{3 \cdot \sqrt{3}} (3.7)$$

Або:

$$m_Г \approx \frac{1}{6} \cdot \Delta_Б (3.8)$$

Тобто середня квадратична помилка геодезичнихвимірів складає одну шосту частину будівельного допуску.

Допуски розбивки осей в плані - $\Delta_{пл}$

Інтервал номінального розміру L, м	Значення допуску для класу точності, мм					
	1	2	3	4	5	6
До 2,5	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0
2,5 – 4	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0
4 – 8	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0
8 – 16	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0
16 – 25	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0
25 – 40	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0
40 – 60	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0	100,0
60 – 100	16,0	24,0	40,0	60,0	100,0	160,0
100 – 160	24,0	40,0	60,0	100,0	160,0	-

Допуски передачі осей по вертикалі - $\Delta_{ПР}$

Інтервал номінального розміру		Значення допуску для класу точності, мм					
H, м	L ,м	1	2	3	4	5	6
до 2,5	до 4,0	-	-	0,6	1,0	1,6	2,4
2,5 – 4	4,0 – 8,0	-	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0
4 – 8	8,0 – 16,0	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0
8 – 16	16,0 – 25,0	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0
16 – 25	25,0 – 40,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0
25 – 40	40,0 – 60,0	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0
40 – 60	60,0 – 100,0	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0
60 – 100	100,0 – 160,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0
100 – 160	-	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0	-

Допуски висотних відміток - $\Delta_в$

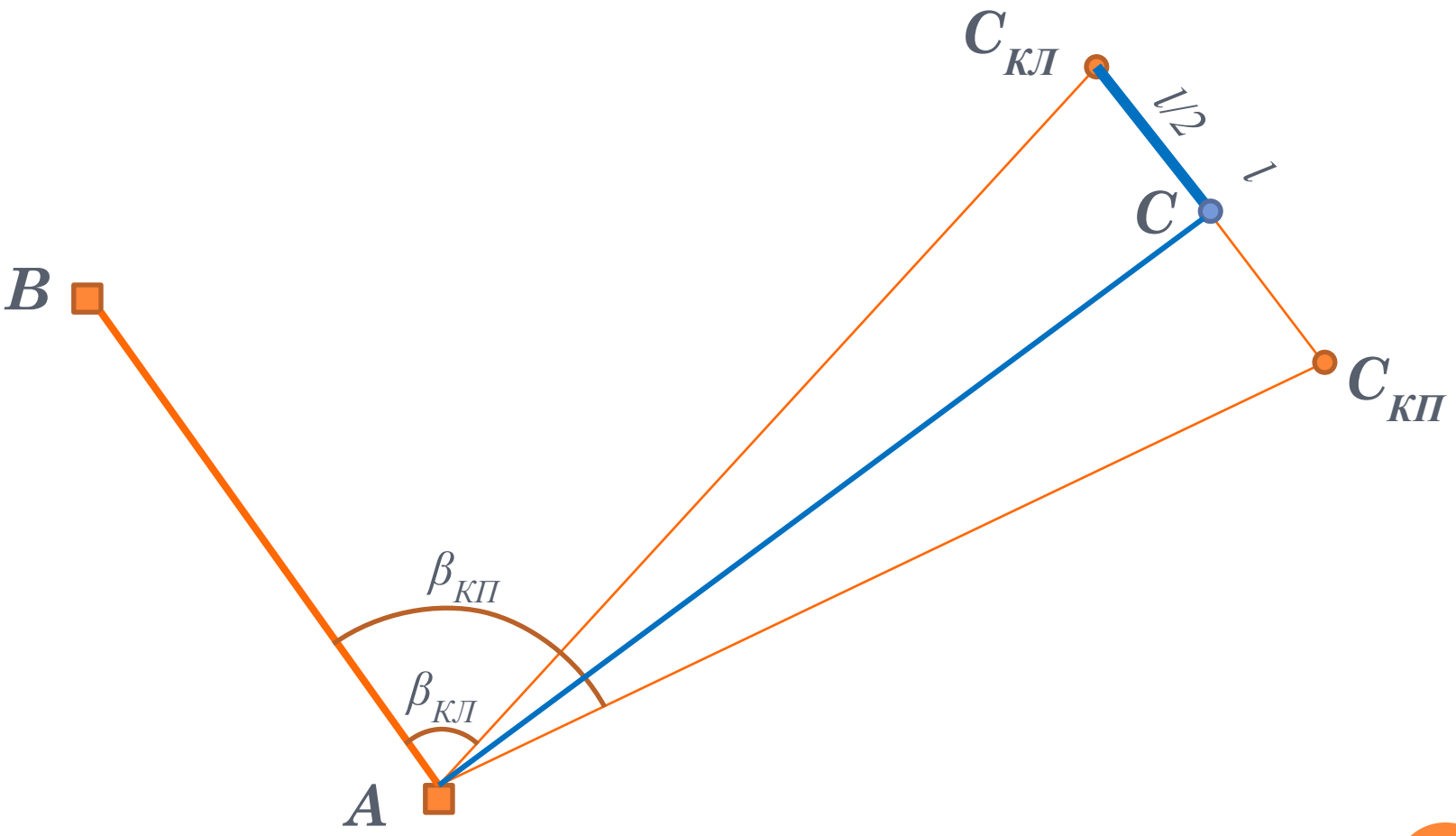
Інтервал номінального розміру		Значення допуску для класу точності, мм					
H, м	L ,м	1	2	3	4	5	6
до 2,5	До 8,0	-	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0
2,5 – 4	8,0 – 16,0	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0
4 – 8	16,0 – 25,0	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0
8 – 16	25,0 – 40,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0
16 – 25	40,0 – 60,0	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0
25 – 40	60,0 – 100,0	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0
40 – 60	100,0 – 160,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0
60 – 100	-	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0	100,0
100 – 160	-	16,0	24,0	40,0	60,0	100,0	160,0

Характеристика будівель, споруд, будівельних конструкцій	С. к. п. побудови зовнішньої і внутрішньої геодезичних розмічувальних мереж будинку (споруди) і інших розмічувальних робіт, не більше				
	Лінійні виміри	Кутові виміри	Нівелювання на станції на вихідному та монтажному горизон-тах, мм	Передача позначок на монтажний горизонт відносно вихідного, мм	Передача точок, осей по вертикалі, 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 м до 36 м	1 мм для L до 15 м, L/15000 для L понад 15 м	5"	1	2 + 10 × H	1 +2 × 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	2 мм для L до 20 м, L/10000 для L понад 20 м	10"	2	4+ 15 × H	2 + 3 × H
Будинки до 15 повер-хів; будівлі та споруди висотою до 73,5 м або із прогонами від 6 м до 18 м	3 мм для L до L 15 м, L/5000 для L понад 15 м	15"	3	6 + 20 × H	3 + 5 × H
Будинки до 5 поверхів; будівлі та споруди висотою до 15 м	4 мм для L до 20 м, L/5000 для L понад 20 м	30"	5	10 + 50 × H	5+ 10 × H

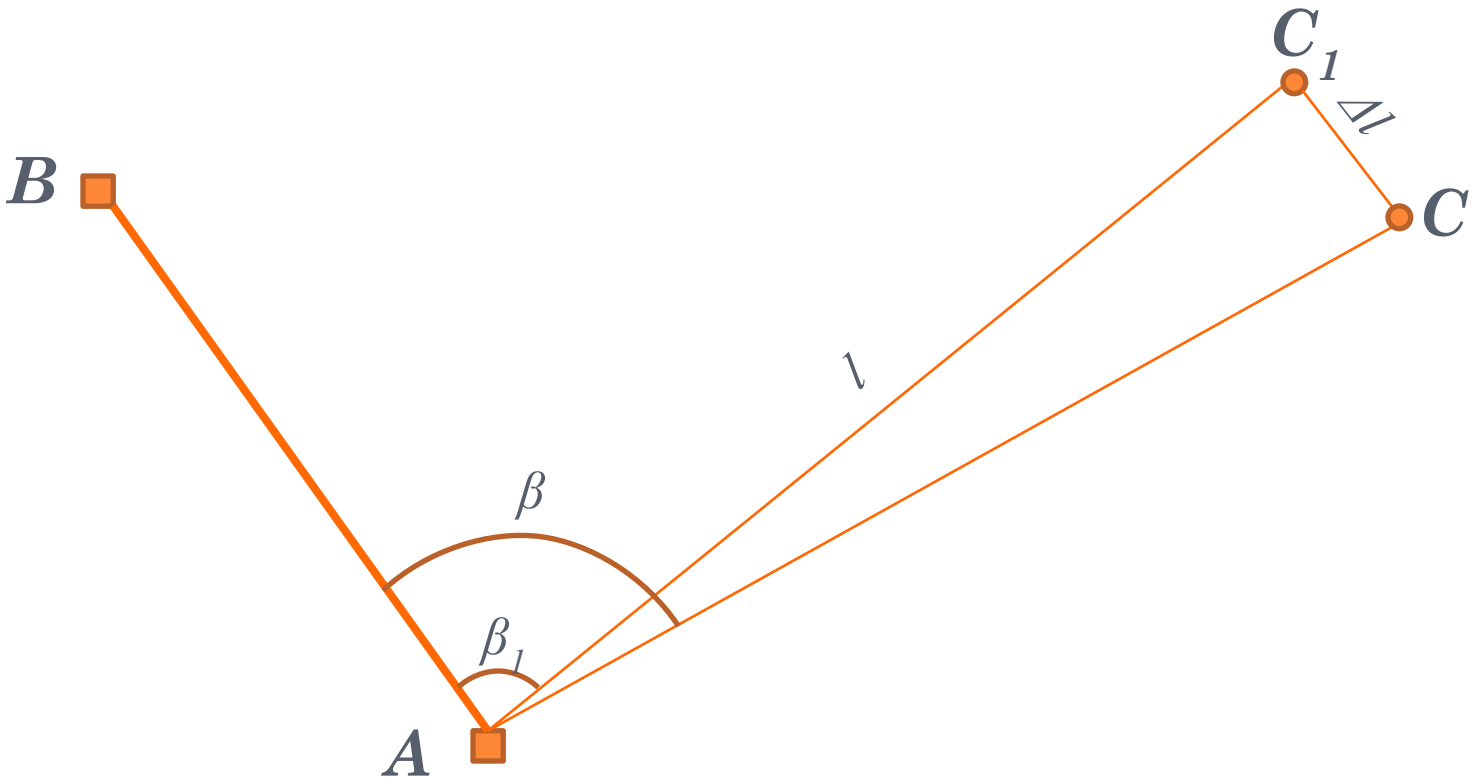
3.3 Основні елементи розмічувальних робіт

- Горизонтальні, кути;
- Лінії проектної довжини;
- Точки з проектними висотами;
- Точки та площини з проектними ухилами;
- Вертикальні лінії.

Побудова проектного горизонтального кута (наближений спосіб)



Побудова проектного горизонтального кута
(точний спосіб)

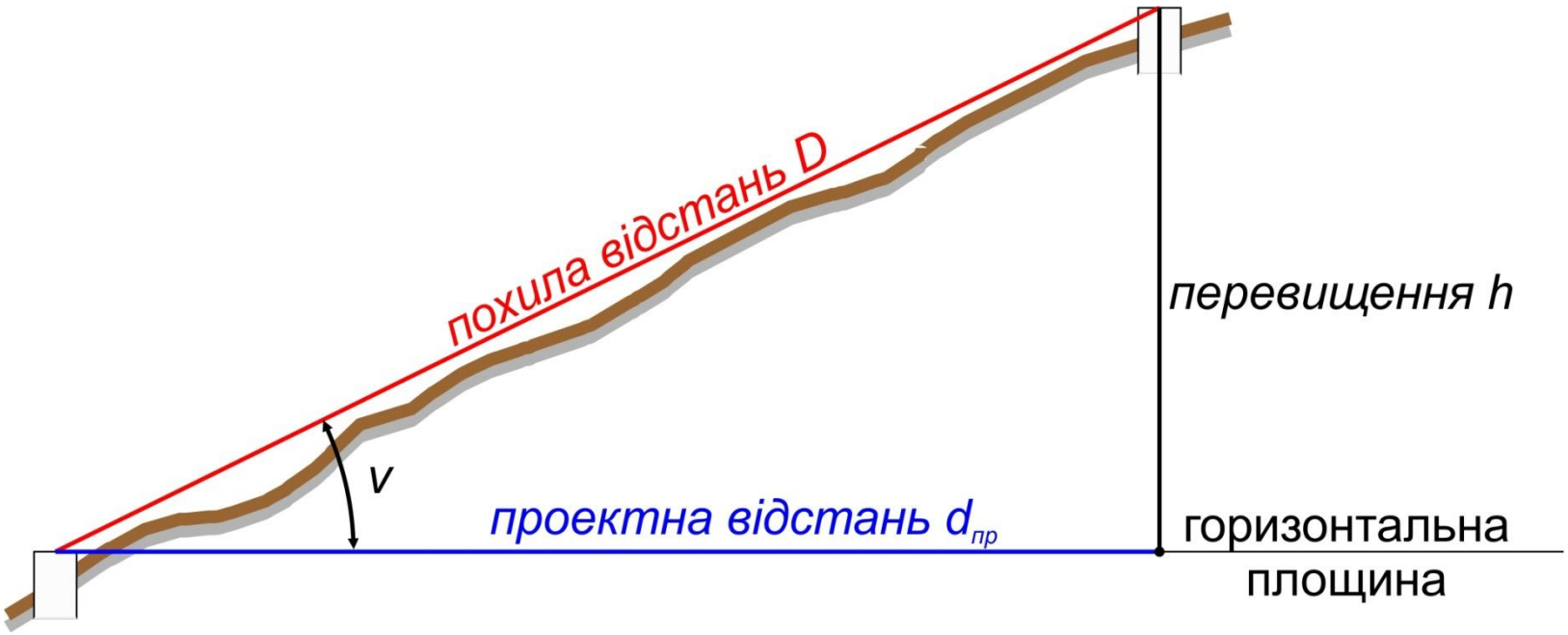


$$\Delta\beta = \frac{m_0}{m_\beta}\cdot\frac{\Delta\beta''\cdot l}{\rho''} \qquad (3.21)$$

де m_0 – номінальна середня квадратична помилка виміру кута даним приладом;

m_β – необхідна середня квадратична помилка побудови кута.

Побудова проектної відстані



$$D = \sqrt{d_{пр}^2 + h^2} \quad (3.9)$$

$$D = \frac{d_{пр}}{\cos v} \quad (3.10)$$

Побудова проектної відстані

Поправка за компарування:

$$\Delta D = n \cdot \Delta l_k (3.11)$$

$$\Delta l_k = l_p - l_Б (3.12)$$

де n – кількість укладань мірного приладу в проектну довжину;

$l_р$ - фактична (робоча) довжина мірного приладу;

$l_Б$ - еталонна довжина (на взірцевому базисі);

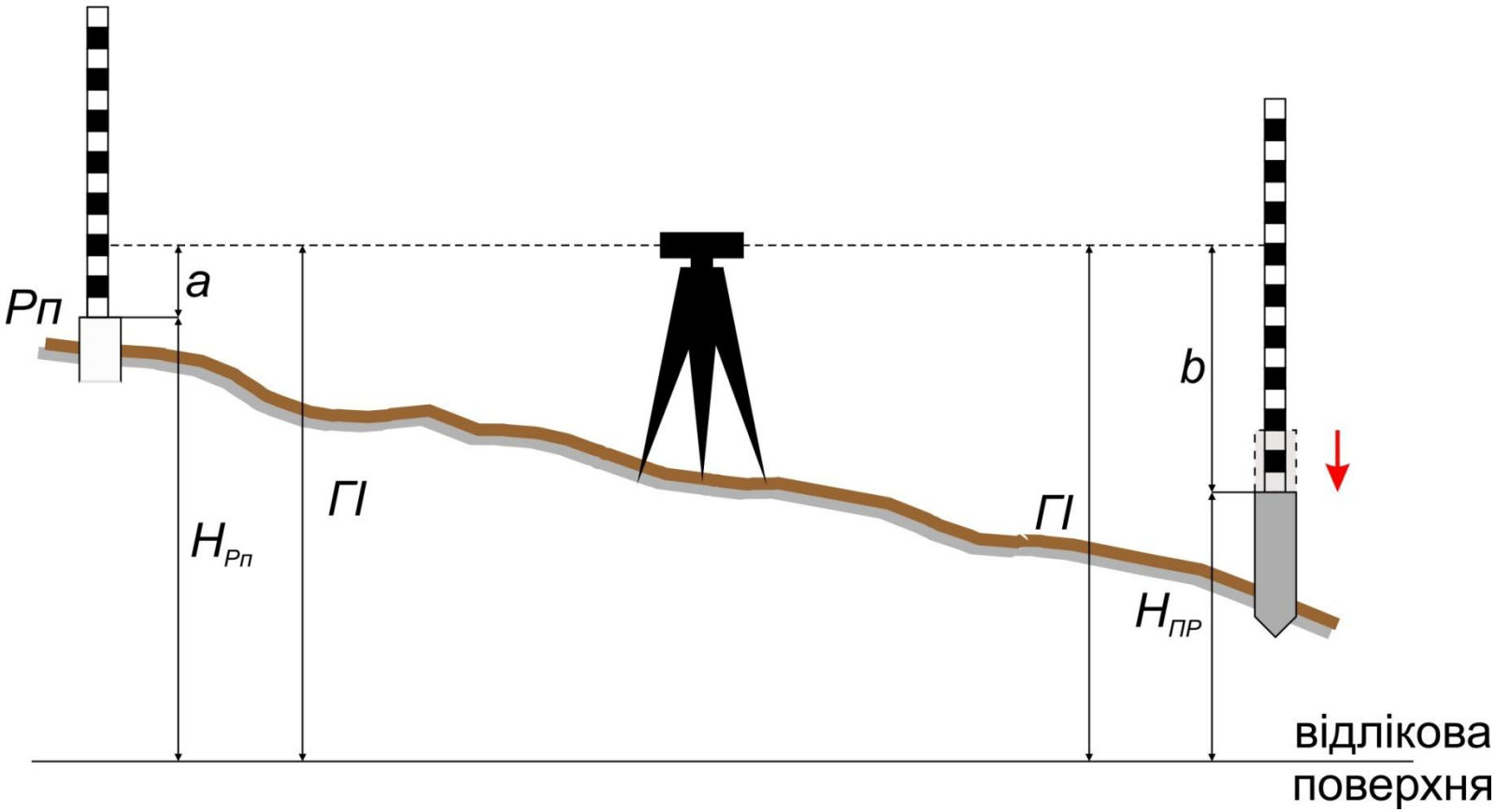
Поправка за температуру:

$$\Delta D_t = \alpha \cdot D \cdot \Delta t (3.13)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення металу мірного приладу (для сталі α=0,000012, для інвару α=0,0000015);

Δt – різниця температур під час роботи $t_р$ та компарування t_k.

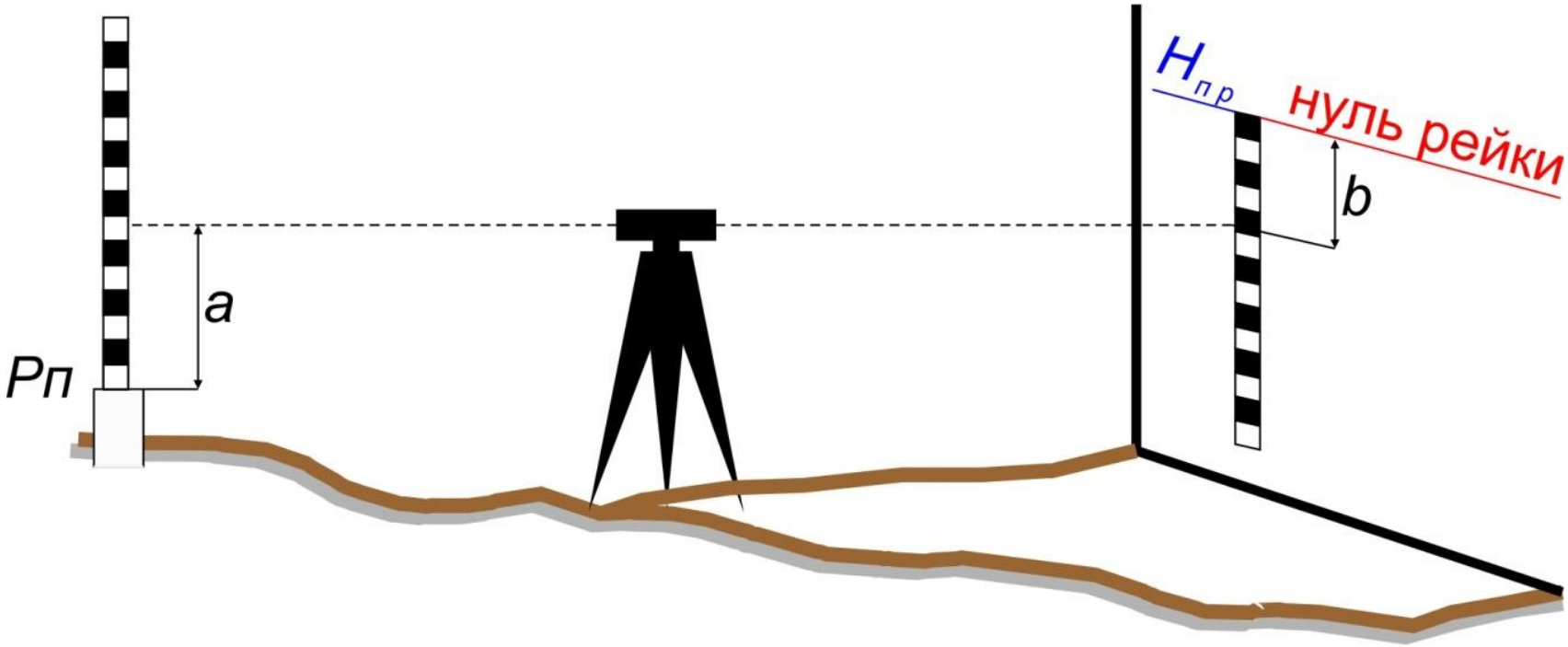
Побудова проектної висоти



$$ГІ = H_{Rp} + a = (3.14)$$

$$b = ГІ - H_{пр} (3.15)$$

Побудова проектної висоти



Побудова ліній проектного ухилу

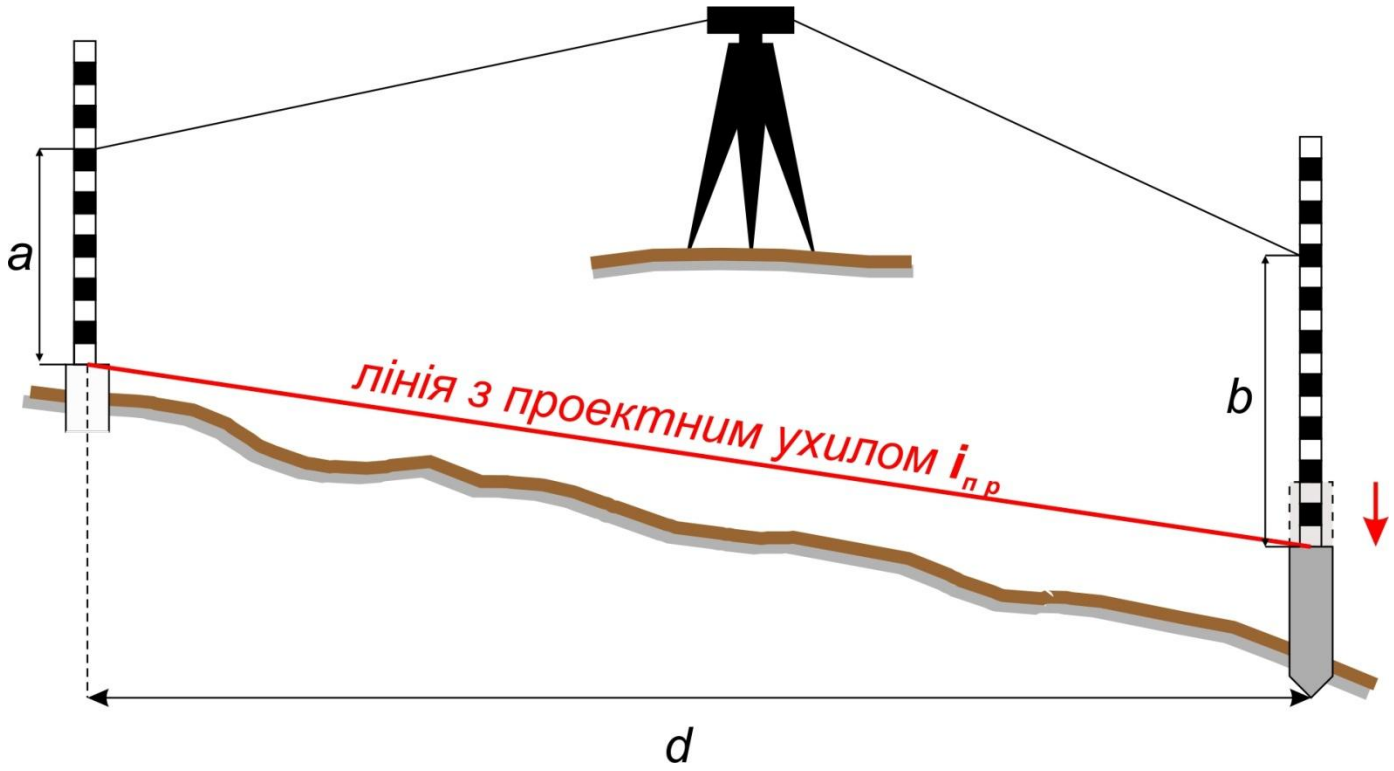
Ухил виражається в:

- Десяткових дробах;
- Процентах (перевищення на 100 метрів);
- Промілях (перевищення на 1000 метрів);
- Дробом з одиницею в чисельнику, знаменник показує в скільки разів горизонтальне прокладання більше перевищення.

Наприклад якщо кут нахилу v=15°00’,
то ухил ***i=tg15°00’=0.27=27%=270‰ =1/4***.

Побудова ліній проектного ухилу
(з допомогою нівеліру)

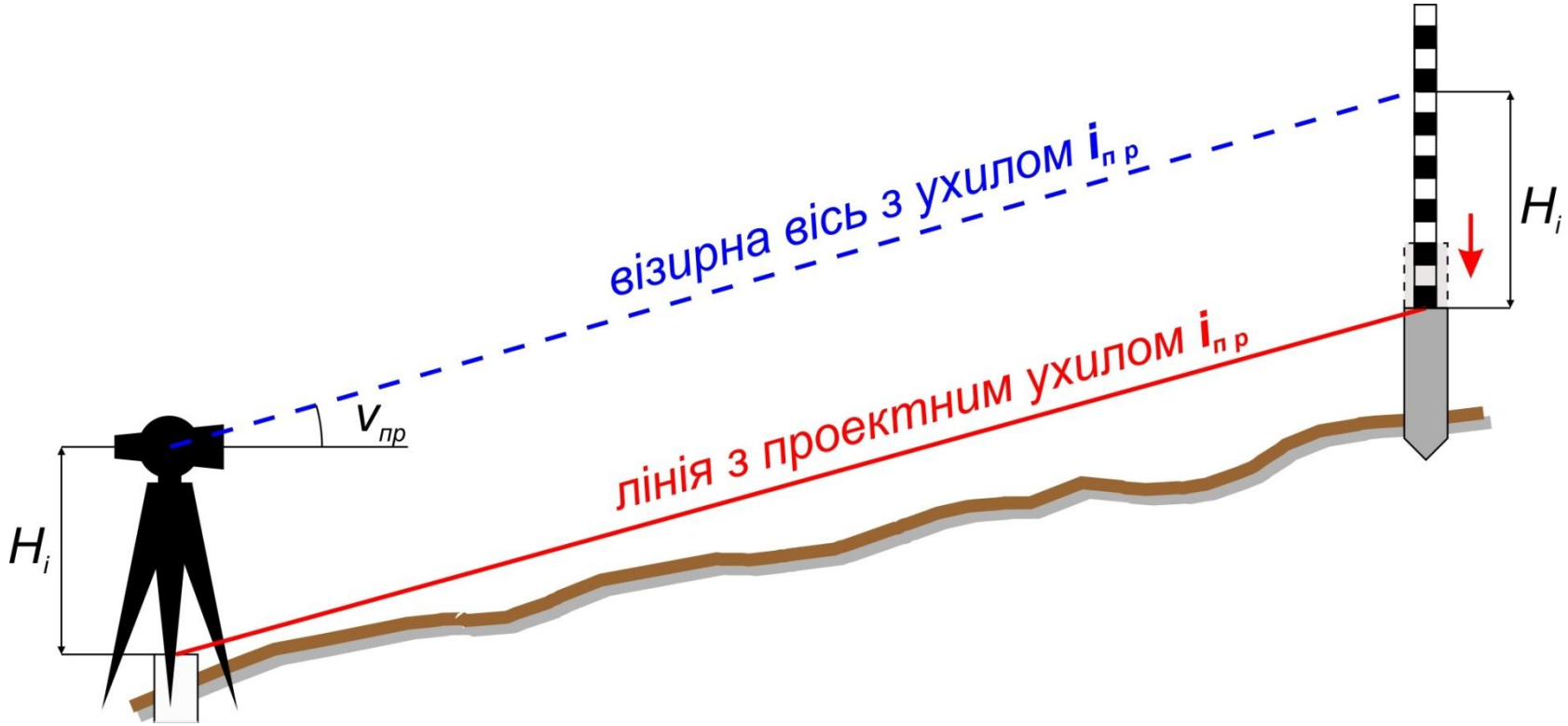
$$h = i_{пр} \cdot d (3.16)$$



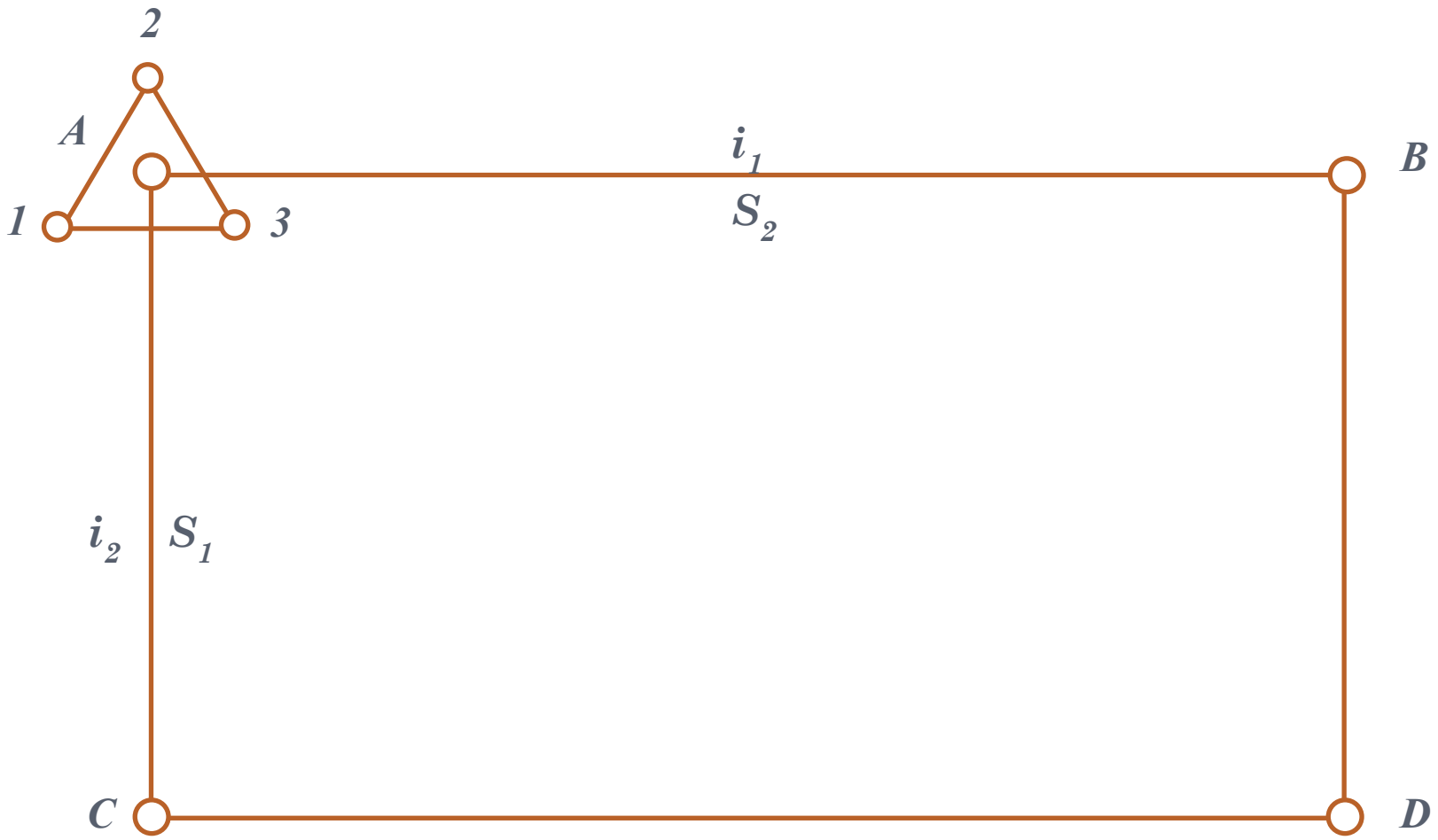
$$b = a - h = a -_{пр} \cdot d (3.17)$$

Побудова ліній проектного ухилу
(з допомогою теодоліту)

$$\nu = arctg(i_{пр})(3.18)$$



Побудова площини проектного ухилу



Побудова прямовисних ліній
(механічні прилади)

Параметри виска

Висота, м	Маса вантажу, кг	Діаметр дроту, мм
20	10	0,3
40	15	0,4
60	25	0,5

Точність побудови вертикальних ліній на 60 м складає близько 2 мм при сприятливих умовах (відсутність вітру, вібрацій, і т.д.), а при несприятливих – біля 5 см.

Побудова прямовисних ліній
(оптичні прилади)

FG-OLZ

Лотапарат – оптичний прилад з вертикальною оптичною віссю та збільшенням зорової труби не більше 5 крат.

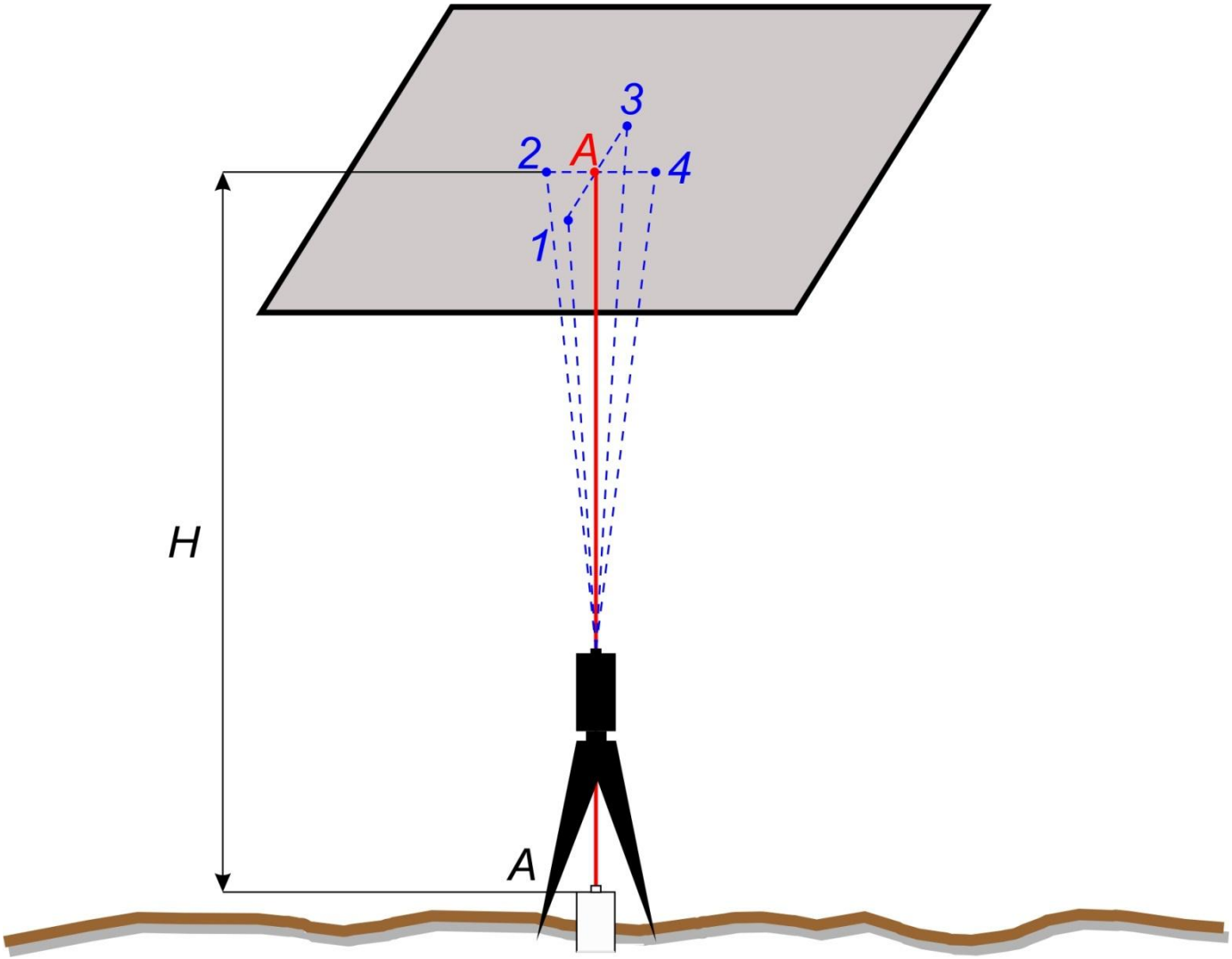
Він має поворотну призму з допомогою якої візирний промінь спрямовується вниз чи вверх.

Побудова прямовисних ліній
(оптичні прилади)

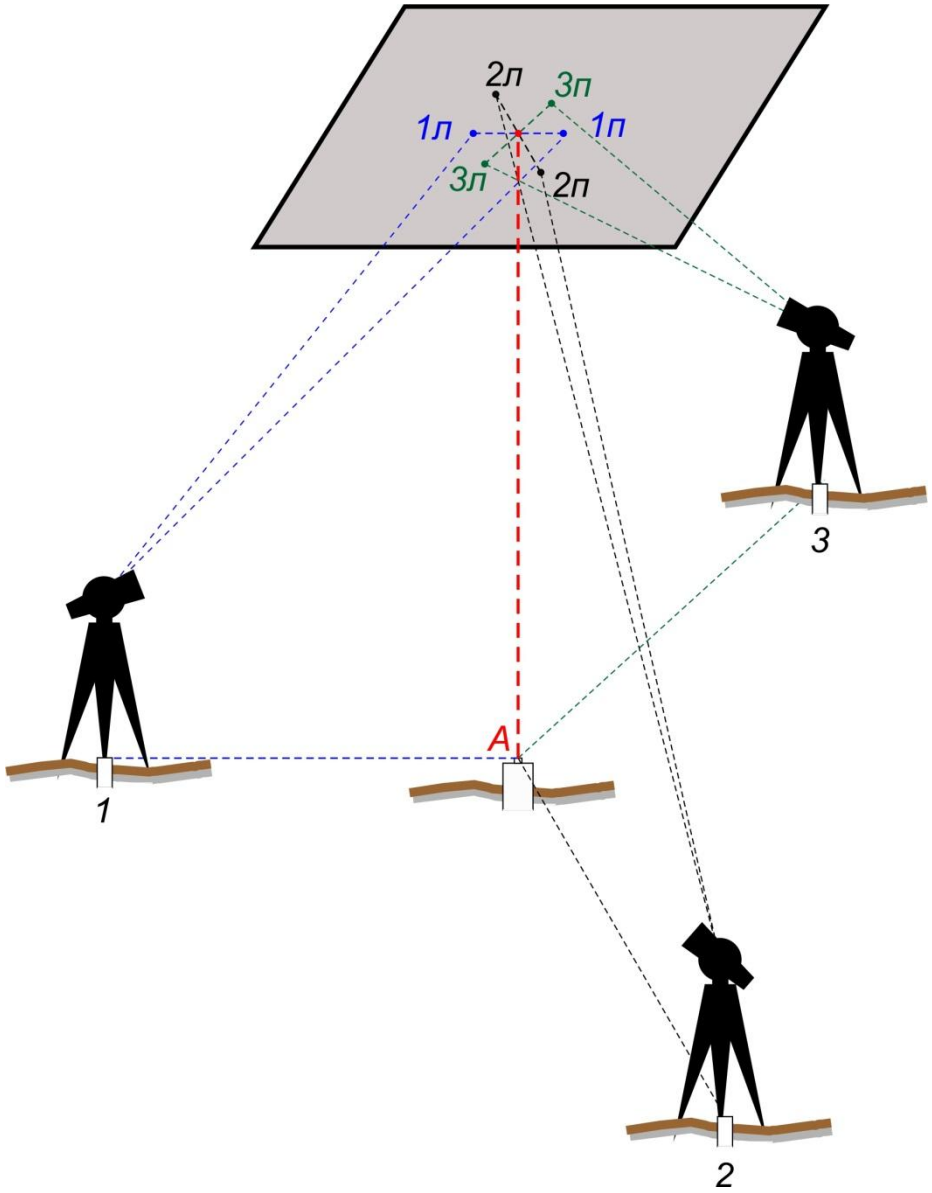
PZL-100

Зеніт-прилад – оптичний прилад з вертикальним променем візування та збільшенням зорової труби порядку 30 крат, йоготакож обладнано оптичним центриром для встановлення над геодезичними пунктами.

Побудова прямовисних ліній
(з допомогою лот-апаратів та зеніт-приладів)



Побудова прямовисних ліній
(з допомогою теодолітів)



3.4 Основні джерела похибок при розмічувальних роботах

- Похибки вихідних даних $m_{вд}$;
- Похибка фіксації;
- Спільна похибка установки над пунктом кутомірного приладу (центрування) і візирних, цілей (редукції) $m_{Ц}$;
- Похибка візування $m_{в}$, тобто похибка введення візирної цілі в бісектор;
- Помилки за вплив зовнішніх умов $m_{зов}$;
- Інструментальні похибки $m_{і}$;

3.4 Основні джерела похибок при розмічувальних роботах

Похибка візування $m_в$, тобто похибка введення візирної цілі в біссектор:

де δ” - деякий критичний кут зору, залежний від умов спостережень і типу візирної цілі; V - збільшення зорової труби.

В більшості випадків похибка візування при розмічувальних роботах може бути обчислена за формулою:

$$m_в'' = \frac{20''}{V} \quad (3.20)$$

З огляду на те, що при побудові точки доводиться візувати двічі, то похибка візування буде в разів більше, тобто:

$$m_в'' = \frac{20''\sqrt{2}}{V} \quad (3.21)$$

А в лінійній мірі:

$$m_в = \frac{m_в'' \cdot D}{\rho''} \quad (3.22)$$

де D – відстань до візирної цілі.

3.4 Основні джерела похибок при розмічувальних роботах

Помилки за рефракцію в кутові вимірювання $\mathbf{m_{напр}}$ (кут. с) і створні спостереження $\mathbf{m_{ст}}$ (мм) за формулами:

$$m''_{напр} = \frac{10.6P_{ср}}{(273+t_{ср})^2}\Delta t_{ср} \quad (3.23)$$

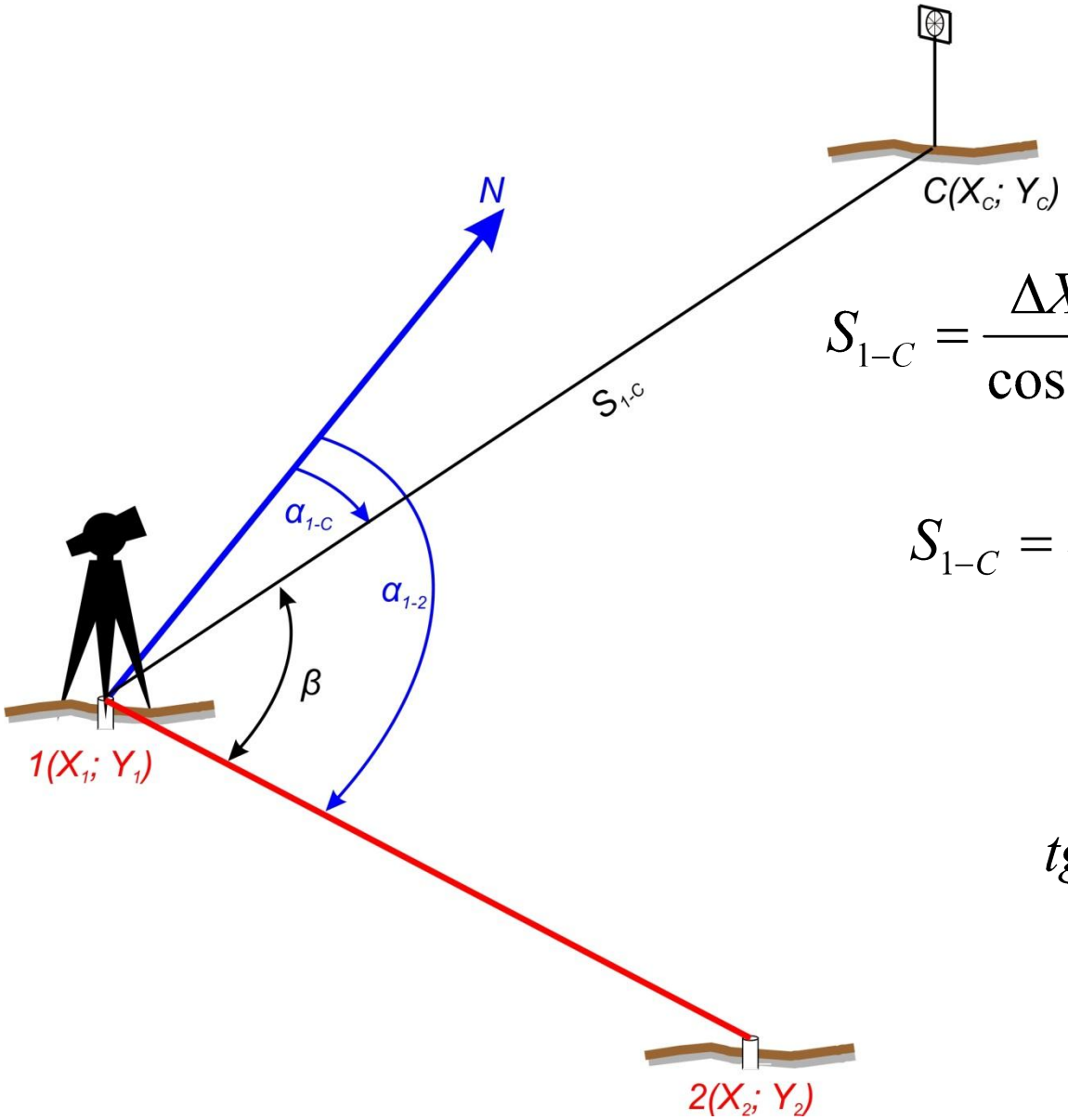
$$m_{сп} = \frac{0.05P_{ср}(D-d)}{(273+t_{ср})^2}\Delta t_{ср} \quad (3.24)$$

де $P_{ср}$ – середній на візирному промені тиск в мм рт ст. (1 мм рт. ст.=133,322 Па); $t_{ср}$ – середня на візирному промені температура по Цельсію; D – загальна довжина напрямку (створу) в мм; d – відстань від приладу до точки в м; $\Delta t_{ср}$ – середній на створі градієнт температури повітря в напрямку до створу, в градусах на 1 м.

Загальна похибка візування та фокусування може бути обчислена за формулою:

$$m''_{в} = \frac{\delta''\sqrt{3}}{V} \quad (3.25)$$

3.5 Способи розмічувальних робіт
(спосіб полярної засічки)



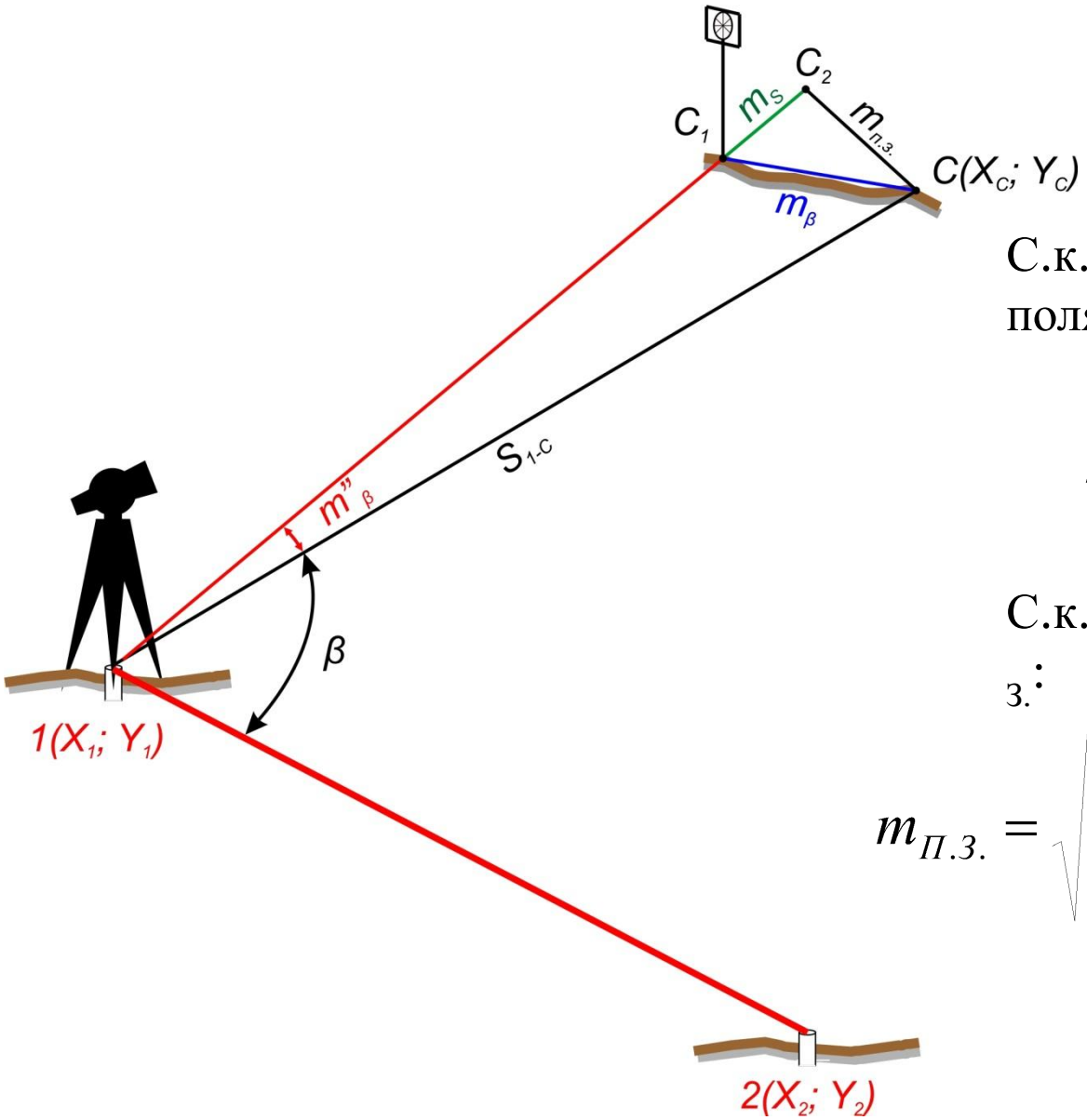
$$S_{1-C} = \frac{\Delta X_{1-C}}{\cos\alpha_{1-C}} = \frac{\Delta Y_{1-C}}{\sin\alpha_{1-C}} \quad (3.26)$$

$$S_{1-C} = \sqrt{\Delta X_{1-C}^2 + \Delta Y_{1-C}^2} \quad (3.27)$$

$$\beta = \alpha_{1-2} - \alpha_{1-C} \quad (3.28)$$

$$tg(r_{1-C}) = \frac{\Delta Y_{1-C}}{\Delta X_{1-C}} \quad (3.29)$$

3.5 Способи розмічувальних робіт
(спосіб полярної засічки)



С.к.п. відкладання полярного кута m_β:

$$m_\beta^{мм} = \frac{m_\beta''}{\rho''} \cdot S_{1-A} \quad (3.30)$$

С.к.п. полярної засічки $m_{П.з.}$:

$$m_{П.З.} = \sqrt{\left(\frac{m_\beta''}{\rho''} \cdot S_{1-A}\right)^2 + m_S^2} \quad (3.31)$$

3.5 Способи розмічувальних робіт
(спосіб полярної засічки)

С. к. п. розбивки точки способом полярних координат:

$$m_C^2 = m_U^2 + m_S^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \cdot S^2 + m_ц^2 + m_ф^2 \quad (3.32)$$

де $m_{в.д.}$ – с. к. п. вихідних даних; m_S – помилка побудови відстані S; m_β – помилка побудови полярного кута; $m_Ц$ – помилка спільного впливу центрування приладу й редукції візирної цілі; $m_Ф$ – помилка фіксації точки.

С. к. п. вихідних даних:

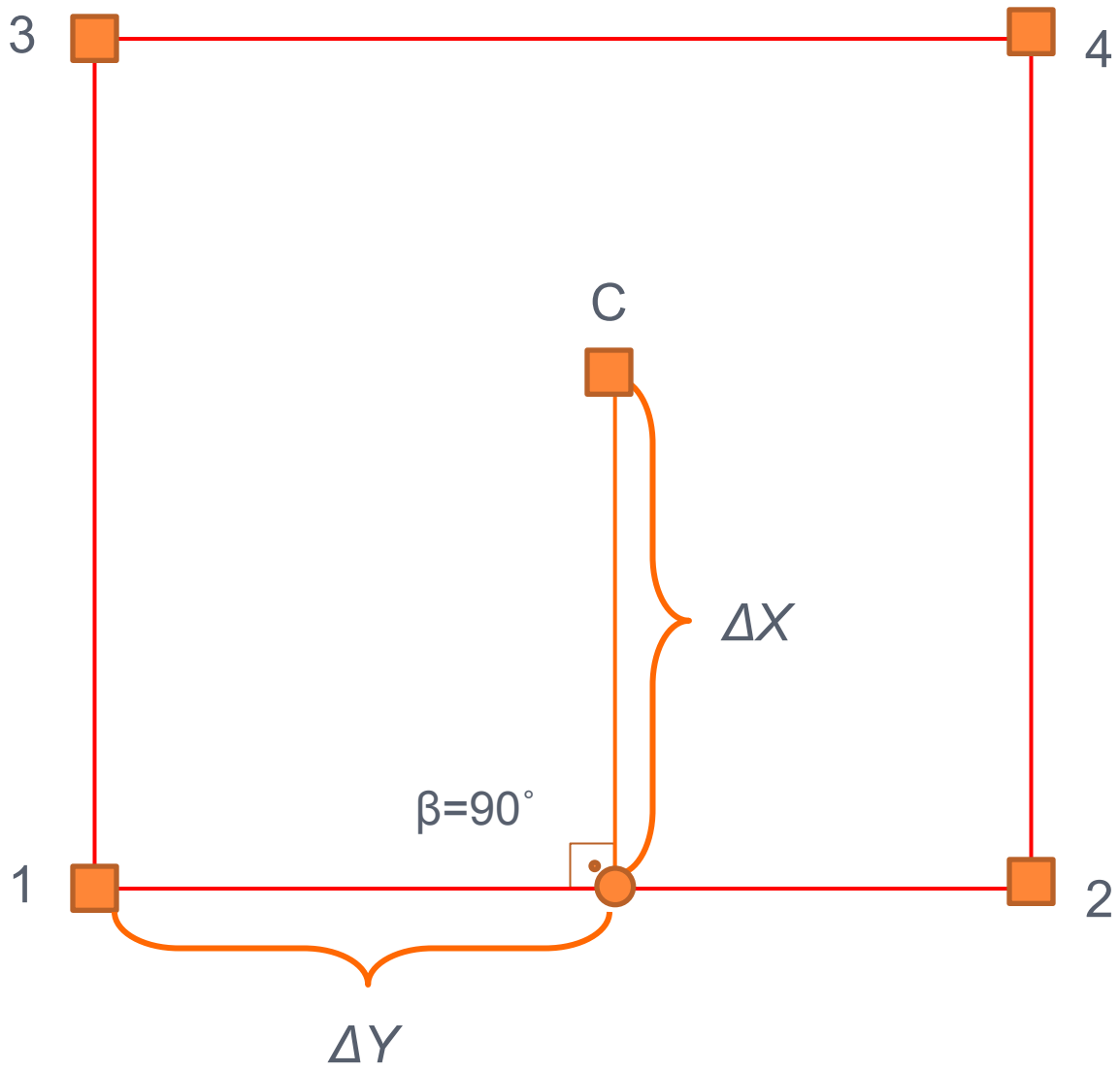
$$m_{в.д.}^2 = m_{1,2}^2 + \left[1 + \left(\frac{S}{b}\right)^2 - \left(\frac{S}{b}\right)\cos\beta\right] \quad (3.33)$$

де $m_{1,2}$ –с.к.п. положення вихідних пунктів; b – базис з якого виконується розмічування.

С.к.п. центрування:

$$m_Ц^2 = e^2\left[1 + \left(\frac{S}{b}\right)^2 - \left(\frac{S}{b}\right)\cos\beta\right] \quad (3.34)$$

3.5 Способи розмічувальних робіт
(Спосіб прямокутних координат)



$$\begin{cases} \Delta Y_{c-1} = Y_C - Y_1 \\ \Delta X_{c-1} = X_C - X_1 \end{cases}$$

3.5 Способи розмічувальних робіт
(Спосіб прямокутних координат)

Середня квадратична помилка розбивки способом прямокутних координат може бути обчислена за формулою:

$$m_C^2 = m_U^2 + m_{\Delta X}^2 + m_{\Delta Y}^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \cdot \Delta X^2 + m_ц^2 + m_ф^2 \quad (3.35)$$

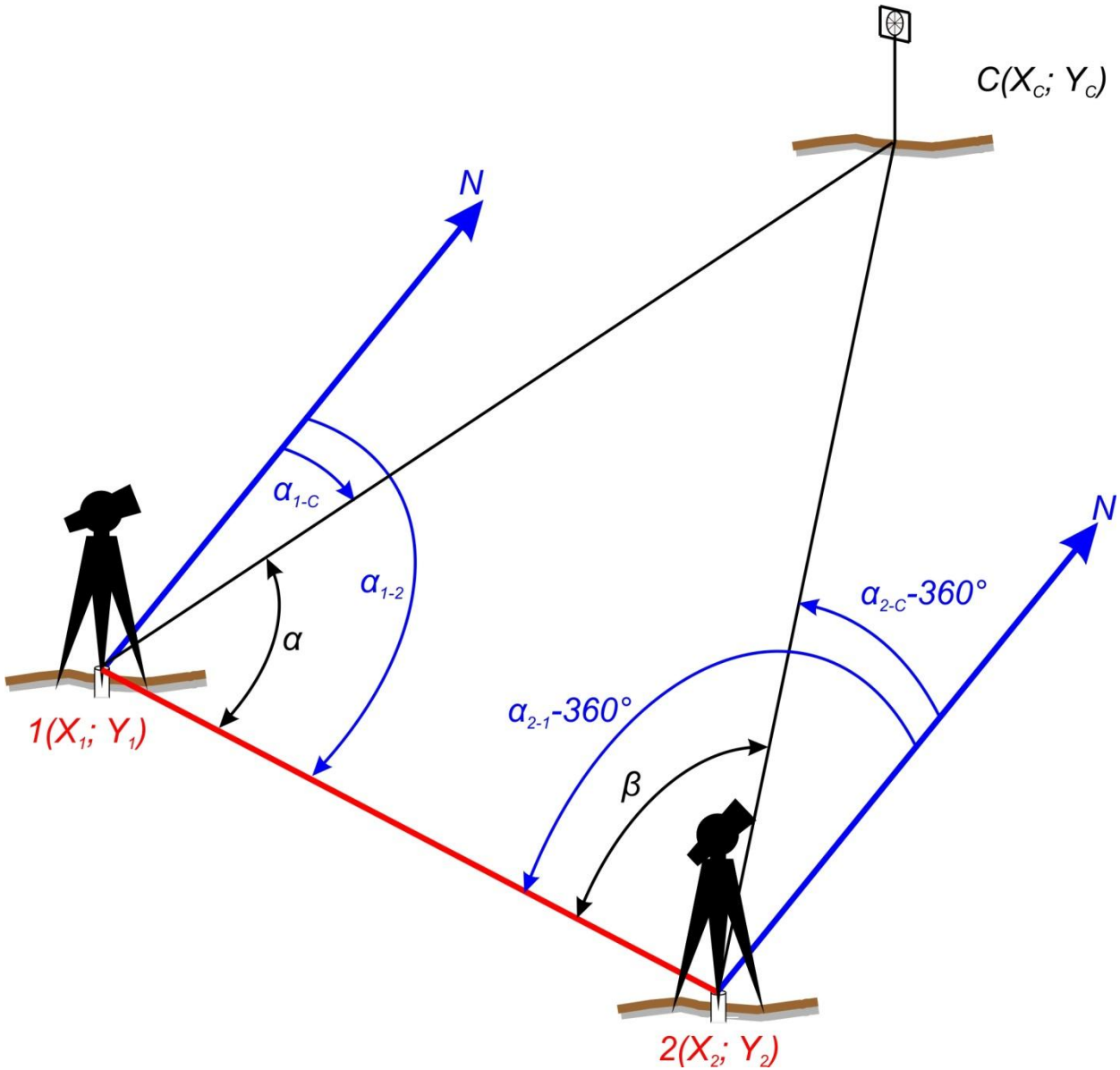
де mΔX, mΔY – с. к. п. побудови величин ΔX, ΔY; mβ – с.к.п. побудови прямого кута.

Помилки вихідних пунктів визначають за формулою:

$$m_{в.д.}^2 = m_{1,2}^2 + \left[1 + \left(\frac{\Delta X}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Y}{b}\right)^2 - \left(\frac{\Delta Y}{b}\right)\right] \quad (3.36)$$

де m1,2 –с.к.п. положення вихідних пунктів 1 та 2; b – базис 1-2 з якого виконується розмічування.

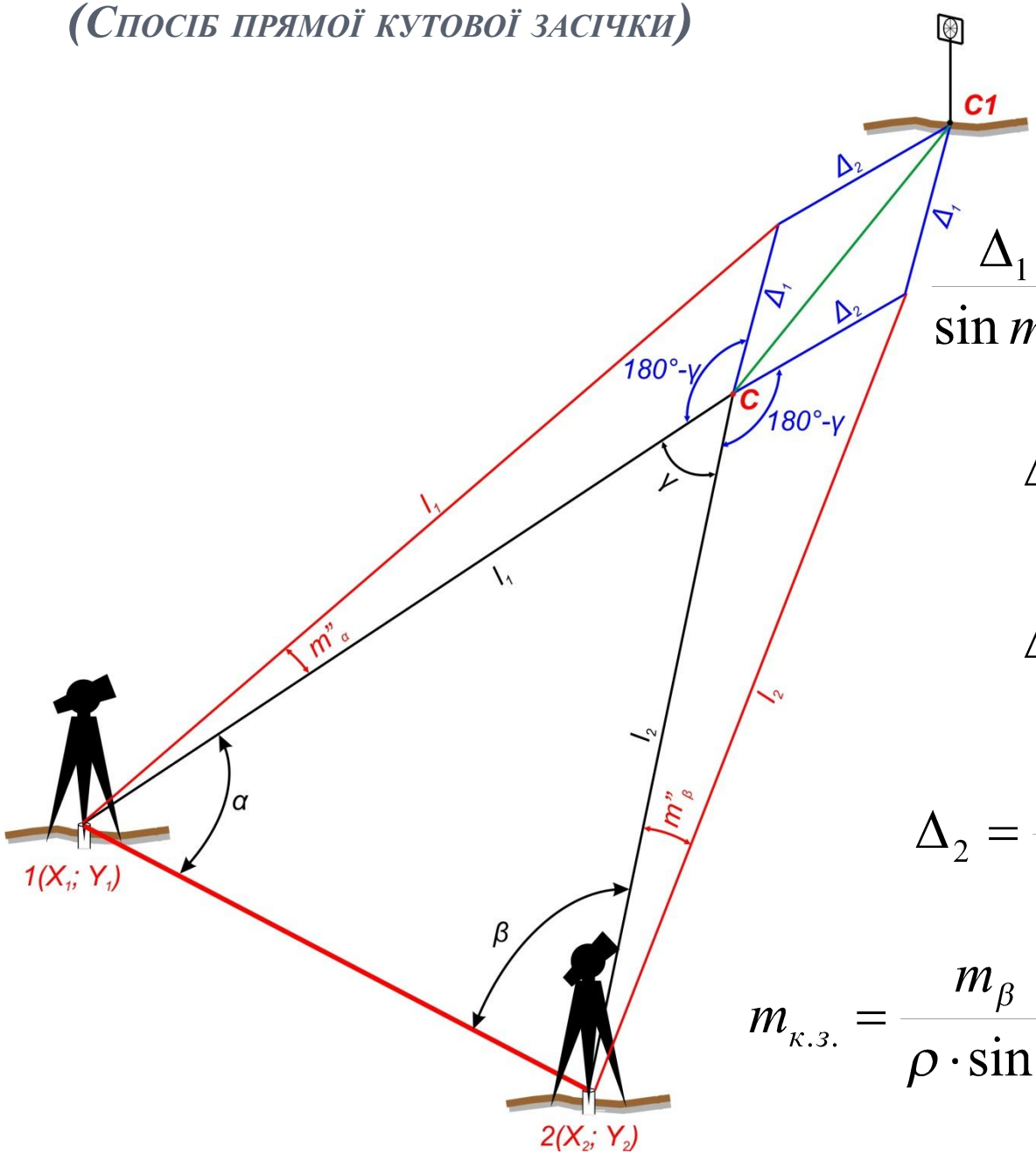
3.5 Способи розмічувальних робіт
(Спосіб прямої кутової засічки)



$$\alpha = \alpha_{1-2} - \alpha_{1-C};$$

$$\beta = \alpha_{2-1} - \alpha_{2-C}.$$

3.5 Способи розмічувальних робіт
(Спосіб прямої кутової засічки)



$$\frac{\Delta_1}{\sin m_\alpha} = \frac{l_1}{\sin(180^\circ - \gamma)} \quad (3.37)$$

$$\Delta_1 = \frac{\sin m_\alpha \cdot l_1}{\sin \gamma} \quad (3.38)$$

$$\Delta_1 = \frac{m_\alpha \cdot l_1}{\rho \cdot \sin \gamma} \quad (3.39)$$

$$\Delta_2 = \frac{m_\beta \cdot l_2}{\rho \cdot \sin \gamma} \quad (3.40)$$

$$m_{к.з.} = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin \gamma} \cdot \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \quad (3.41)$$

3.5 Способи розмічувальних робіт
(Спосіб прямої кутової засічки)

Середня квадратична помилка розбивки способом кутової засічки може бути обчислена за формулою:

$$m_C^2 = m_{к.з..}^2 + m_{в.д.}^2 + m_ц^2 + m_ф^2 \quad (3.42)$$

де $m_{зас.}$ - с.к.п. засічки:

$$m_{к.з.} = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin\gamma} \cdot \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \quad (3.43)$$

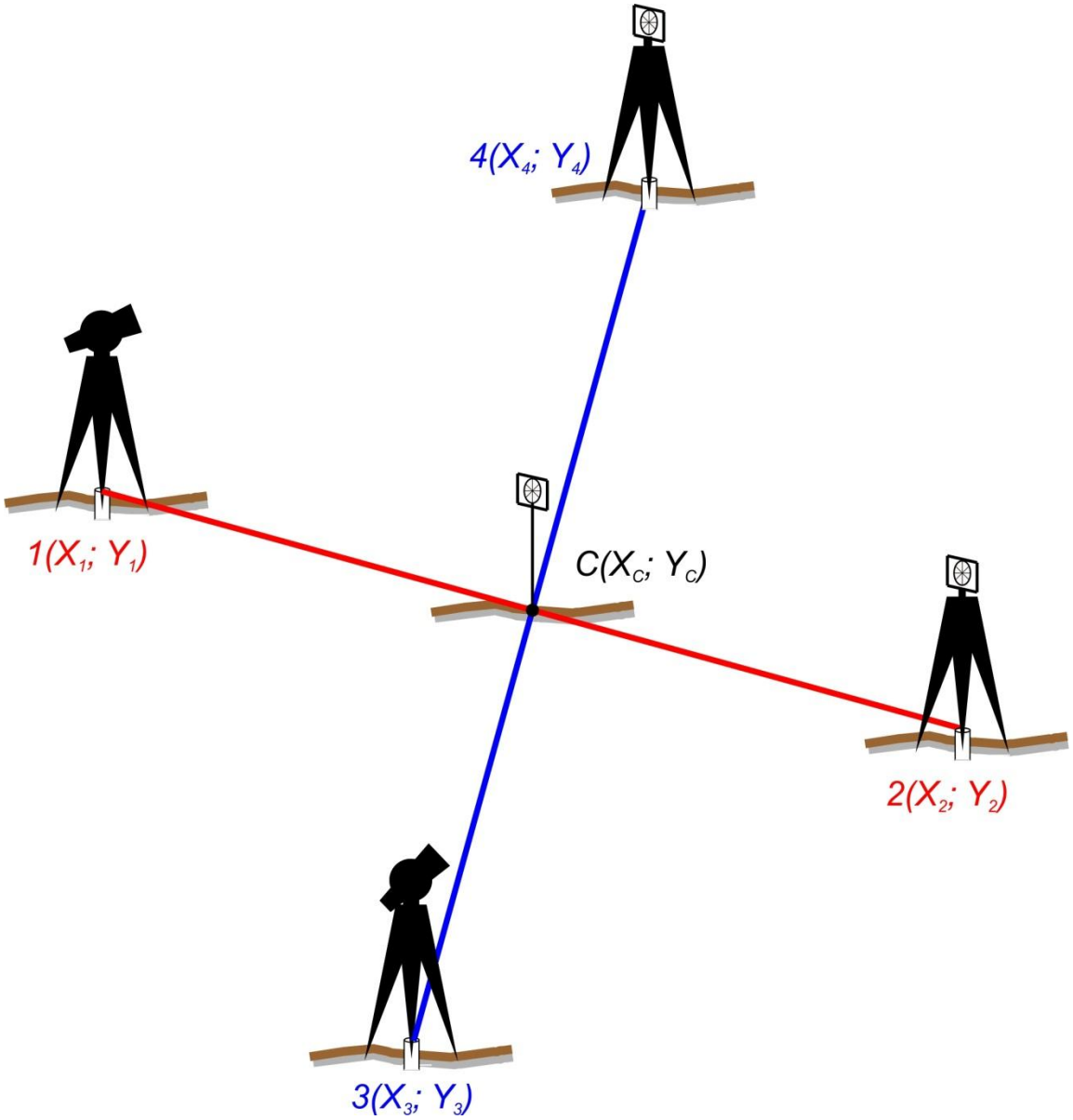
Помилки вихідних даних визначають:

$$m_{в.д.}^2 = m_{1,2}^2 \frac{\sin^2\beta_1 + \sin^2\beta_2}{\sin^2\gamma} \quad (3.44)$$

С.к.п. центрування:

$$m_Ц^2 = e^2 \frac{\sin^2\beta_1 + \sin^2\beta_2}{\sin^2\gamma} \quad (3.45)$$

3.5 Способи розмічувальних робіт
(Спосіб створної засічки)



3.5 Способи розмічувальних робіт
(Спосіб створної засічки)

С. к. п. розбивки способом створної засічки:

$$m_C^2 = m_U^2 + m_ц^2 + m_{віз.}^2 + m_{з.у.}^2 \quad (3.46)$$

де $m_{віз.}$, – с. к. п. візування; $m_{з.у.}$ – с.к.п. за зовнішні умови.

Вплив помилок вихідних даних визначають:

$$m_U^2 = m_{x,y}^2 \left[\left(1 - \frac{d}{S}\right)^2 + \left(\frac{d}{S}\right)^2 \right] \quad (3.47)$$

де $m_{x,y}$ – с.к.п. координат вихідних пунктів, d – віддаль від точки встановлення приладу до визначуваної; S - віддаль між вихідними пунктами (довжина створу).

С.к.п. центрування визначають:

$$m_Ц^2 = \frac{e^2}{2} \left[\left(1 - \frac{d}{S}\right)^2 + \left(\frac{d}{S}\right) \right] \quad (3.48)$$

С.к.п. візування:

$$m''_{віз.} = \frac{20''}{Г} \quad (3.49)$$

де Г – збільшення зорової труби.

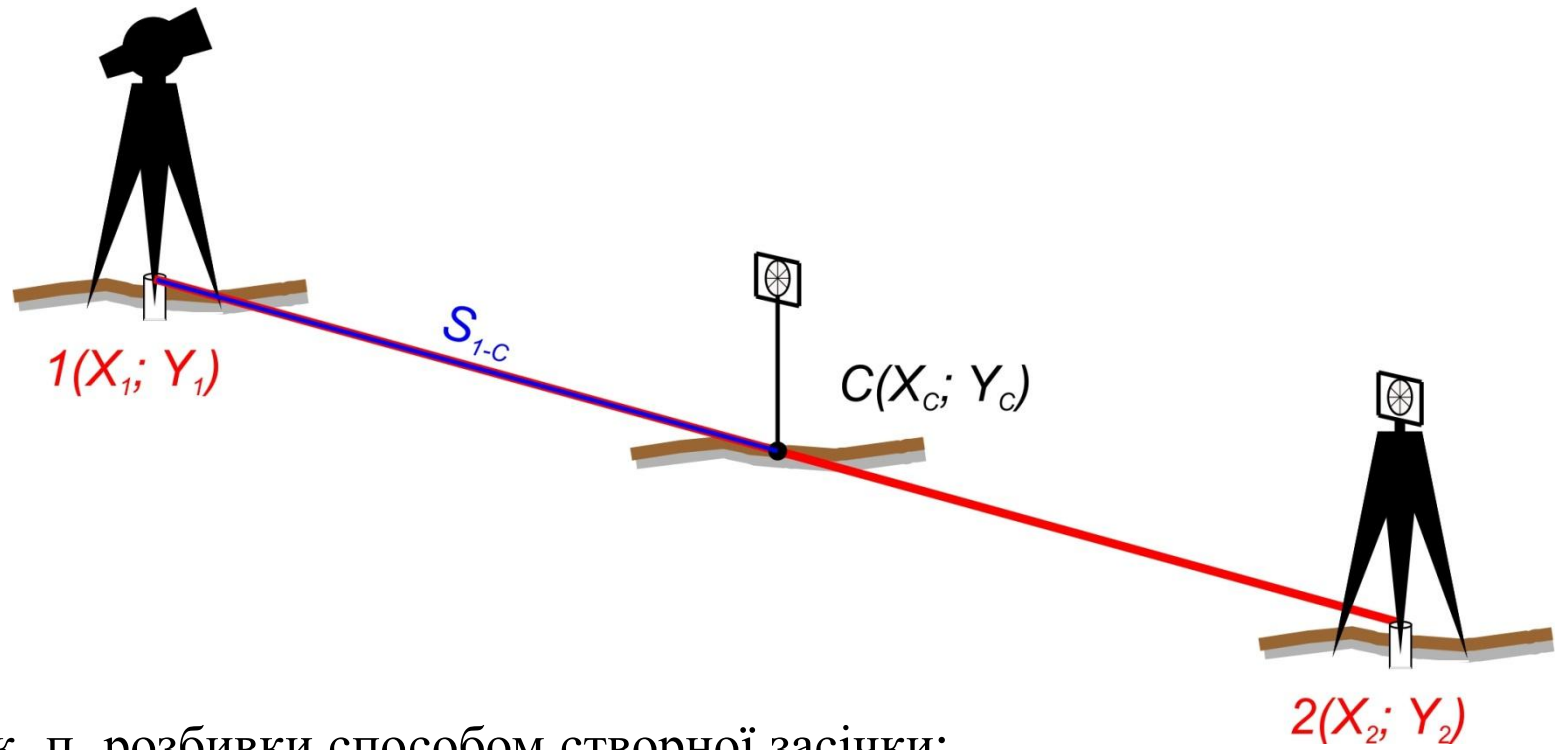
Для створних побудов похибка візування:

$$m_{віз.} = \frac{m''_{віз.} \cdot d \cdot \sqrt{2}}{\rho''} \quad (3.50)$$

З врахуванням (3.55):

$$m_{віз.} = \frac{20'' \cdot d \cdot \sqrt{2}}{Г \cdot \rho''} \quad (3.51)$$

3.5 Способи розмічувальних робіт
(Спосіб створно-лінійної засічки)

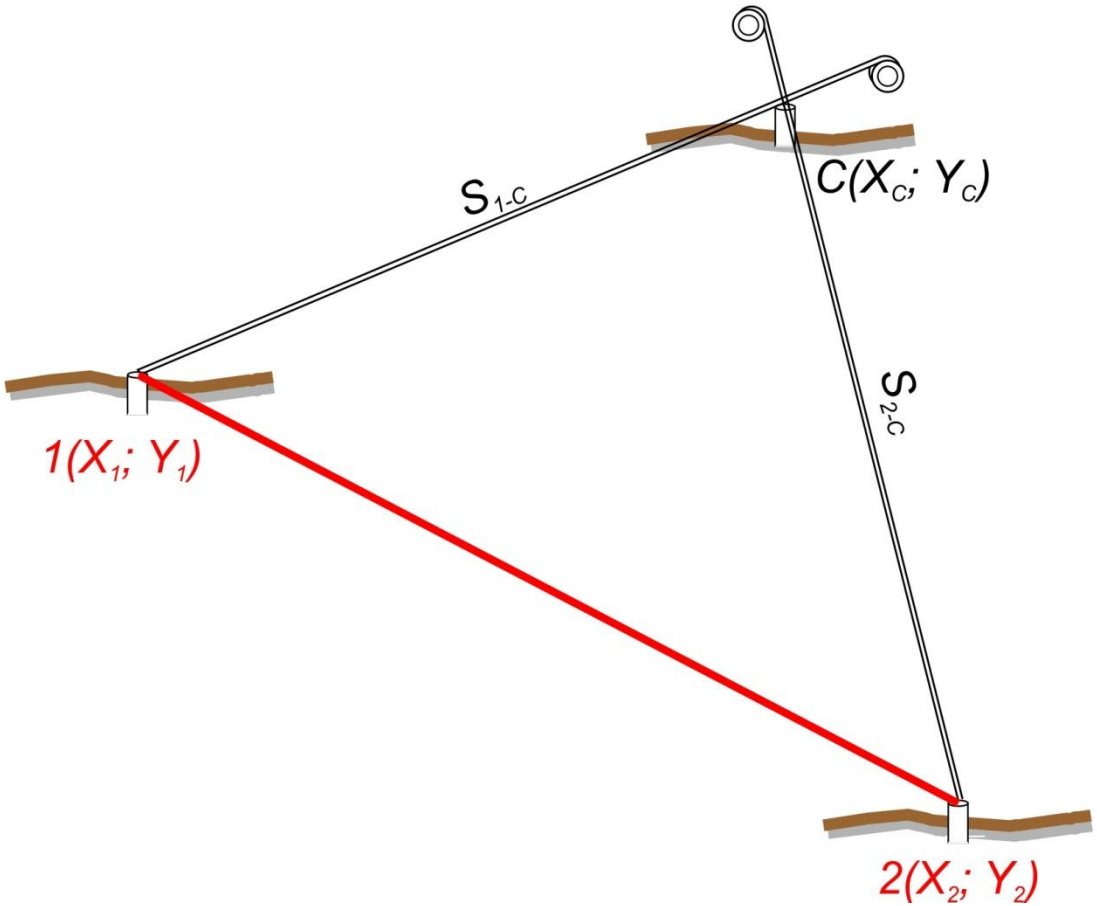


С. к. п. розбивки способом створної засічки:

$$m^2 = \left(\frac{m''_c \cdot l}{\rho''}\right)^2 + \left(\frac{m_S}{l}\right)^2 l^2 \quad (3.52)$$

де m_C – с.к.п. побудови створу; m_S - с.к.п. лінійних вимірів.

3.5 Способи розмічувальних робіт
(Спосіб лінійної засічки)

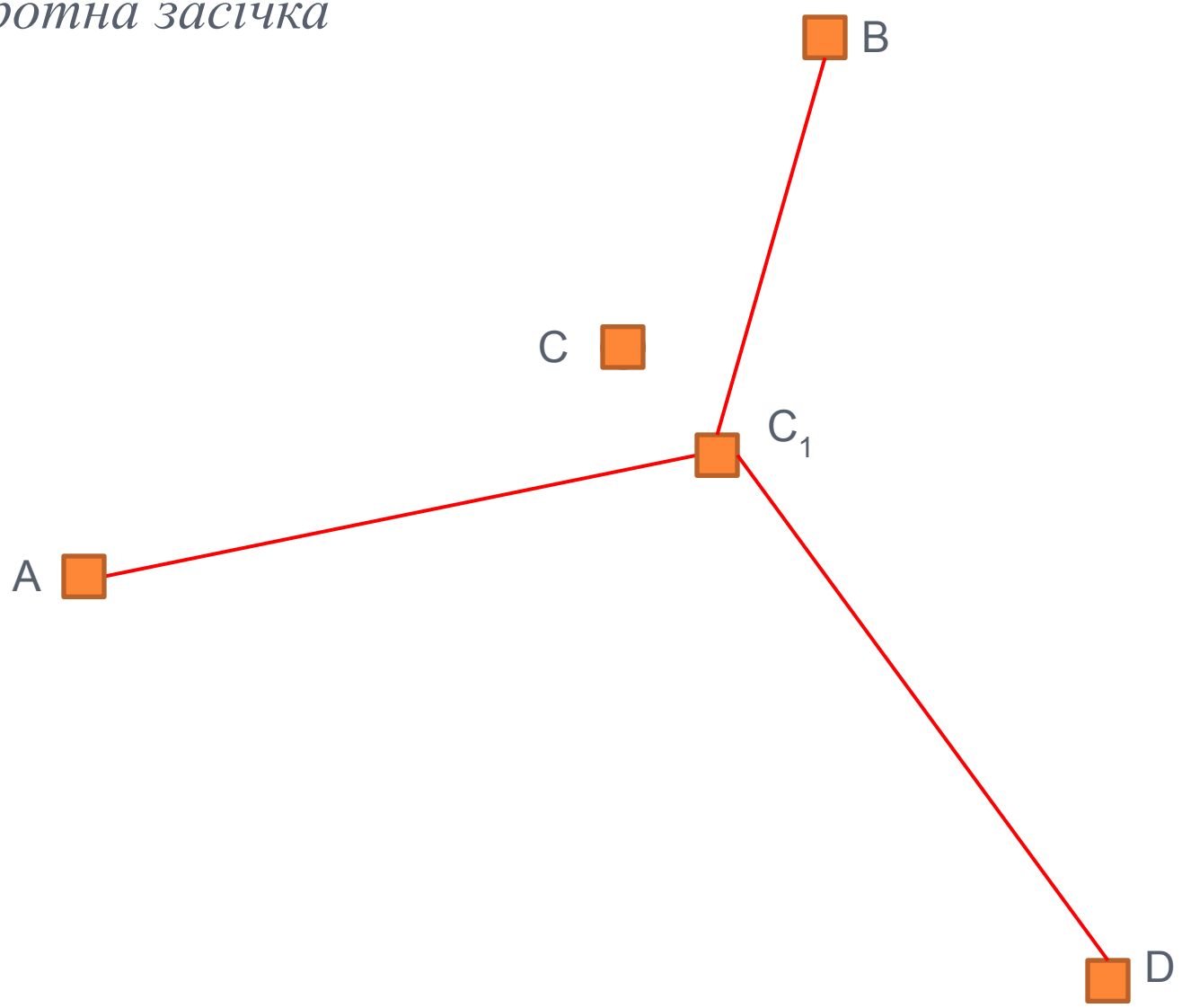


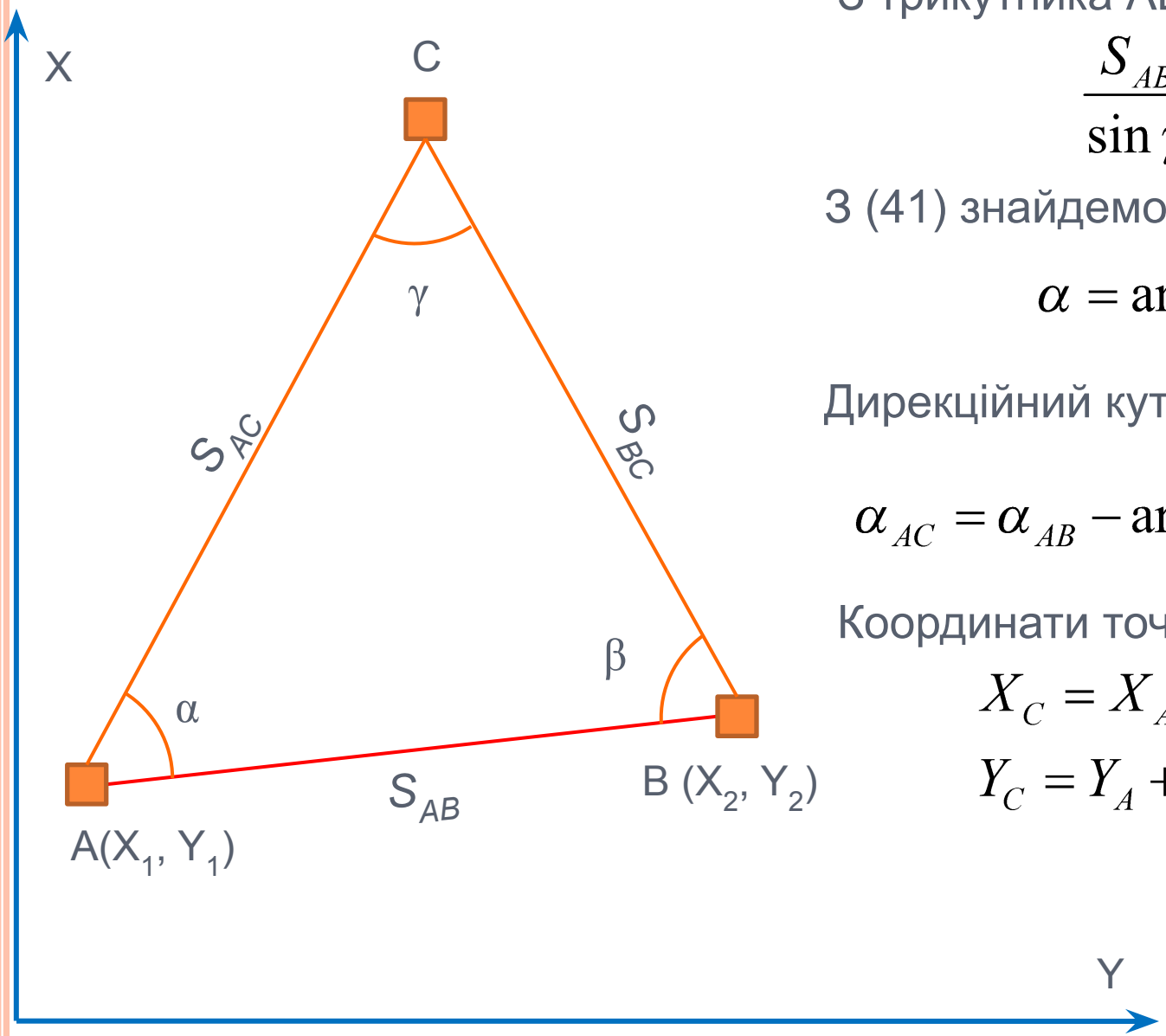
С. к. п. розбивки способом створної засічки:

$$m_{л.з.} = \frac{m_l}{\sin\gamma} \cdot \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \quad (3.53)$$

де m_C – с.к.п. побудови створу; m_S - с.к.п. лінійних вимірів.

Зворотна засічка





З трикутника ABC:

$$\frac{S_{AB}}{\sin\gamma} = \frac{S_{AC}}{\sin\beta} = \frac{S_{BC}}{\sin\alpha} \quad (41)$$

З (41) знайдемо:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{S_{BC}}{S_{AB}} \cdot \sin\gamma\right) \quad (42)$$

Дирекційний кут сторони AC:

$$\alpha_{AC} = \alpha_{AB} - \arcsin\left(\frac{S_{BC}}{S_{AB}} \cdot \sin\gamma\right) \quad (43)$$

Координати точки C:

$$\left.\begin{aligned} X_C &= X_A + L_{AC} \cdot \cos\alpha_{AC} \\ Y_C &= Y_A + L_{AC} \cdot \sin\alpha_{AC} \end{aligned}\right\} \quad (44)$$

С. к. п. визначення координат точки С:

$$\left.\begin{aligned} m_{X_C}^2 &= m_{L_{AC}}^2 \cdot \cos^2 \alpha_{AC} + L_{AC}^2 \sin^2 \alpha_{AC} \cdot \frac{m_{\alpha_{AC}}^2}{\rho^2} \\ m_{Y_C}^2 &= m_{L_{AC}}^2 \cdot \sin^2 \alpha_{AC} + L_{AC}^2 \cos^2 \alpha_{AC} \cdot \frac{m_{\alpha_{AC}}^2}{\rho^2} \end{aligned}\right\} (44)$$

Виконавши додавання двох рівностей (44) одержимо:

$$M = m_L^2 + L^2 \cdot \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} (45)$$