



***ВИКОРИСТАННЯ RTN – РІШЕНЬ ПРИ ПЕРЕНЕСЕННІ В  
НАТУРУ ПРОЕКТІВ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ  
ТЕРИТОРІЇ ТА ОСЕЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД***

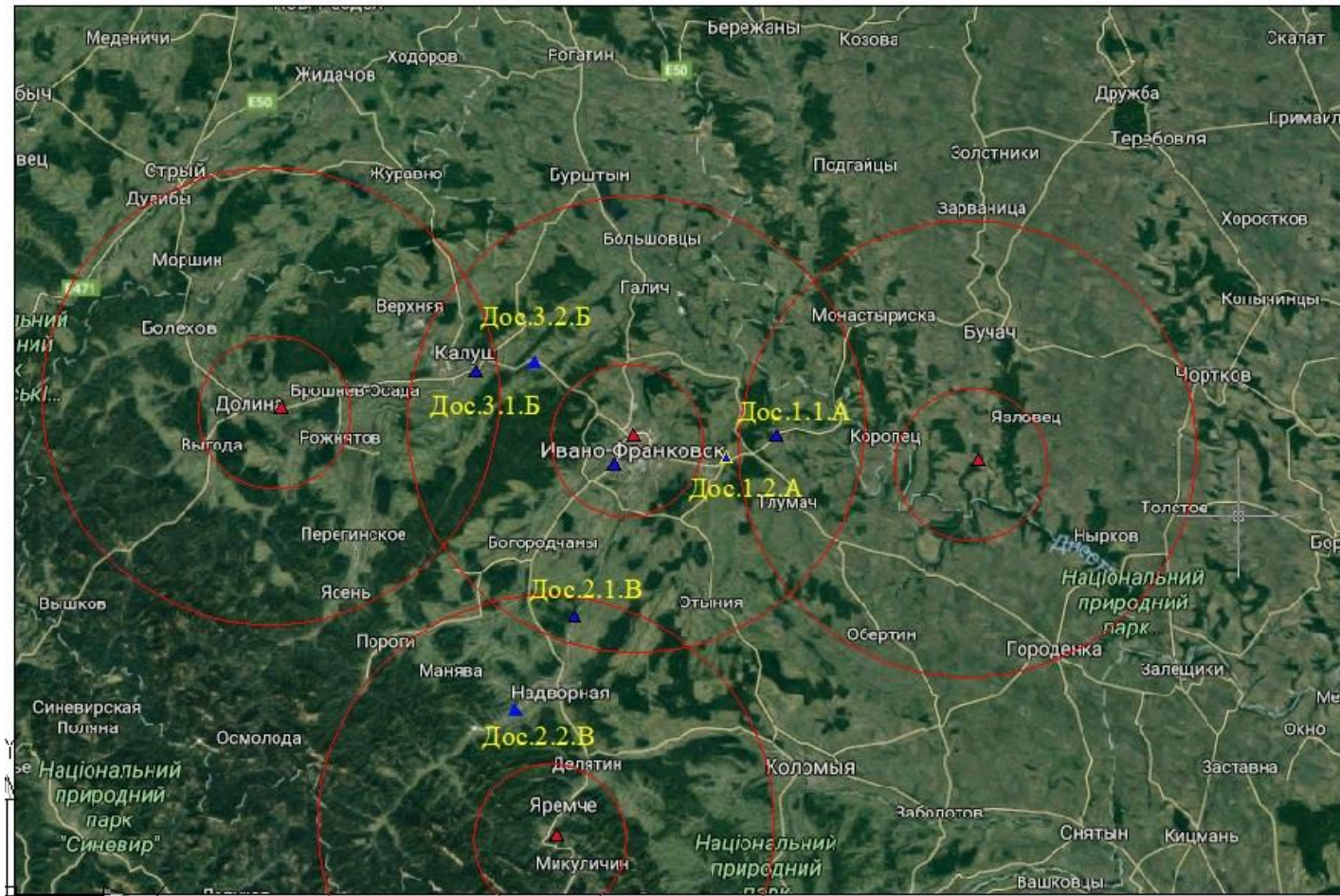
***Виконавці:  
Бурак К.О.  
Лиско Б.О.***

Класично точність визначення координат приймається в  $\sqrt{2}$  точніша ніж віддалей, а при використанні GNSS-спостережень це не так, оскільки віддалі і кути є тензорні величини, тому вплив систематичних похибок, пов'язаних із перетворенням системами координат на них значно послаблений.

Якщо одним GNSS-приймачем визначити координати двох точок за відносно нетривалий проміжок часу, то на визначення параметрів вектора, який ці точки визначають, вплив похибок, викликаних атмосферними і іоносферними затримками та похибками зміщення годинників супутника і приймача буде суттєво зменшений за рахунок компенсації їх систематичної складової.

Все це обґрунтовує необхідність проведення експериментальних досліджень точності визначення відносних координат вектора за вимірами параметрів GNSS-сигналів.

# *Розташування пунктів спостережень та перманентних станцій мережі System Solutions*



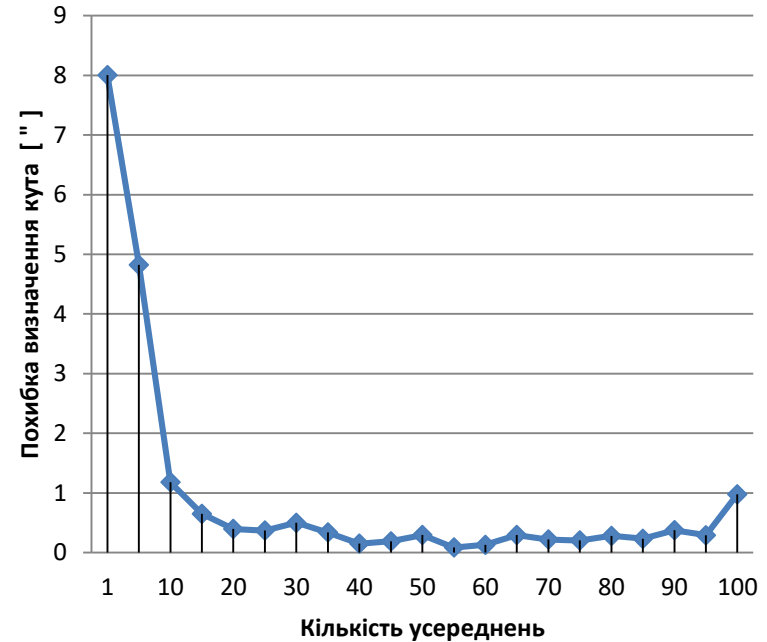
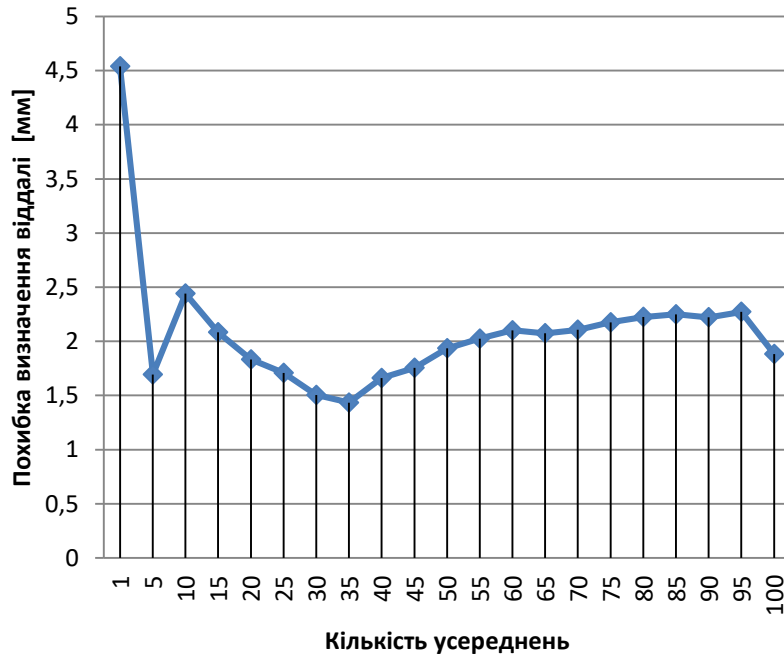
## *Характеристика залежності точності вимірів від віддалі до перманентних станцій*

№	СКП	S <sub>1</sub> , м	S <sub>2</sub> , м	S <sub>3</sub> , м
	Віддалі, мм	Івано-Франківськ	Бучач	Яремче
Дос.1.1.А.	5,2±2,3	24028,448	24171,417	65719.97
Дос.1.2.А.	4,6±2,3	13912,824	34055,02	56829.28
	скп	Івано-Франківськ	Яремче	Долина
Дос.2.1.В.	5,6±1,4	26634,481	28073,077	48819.62
Дос.2.2.В.	4,3±1,1	11556,252	43155,033	52796.14
	скп	Івано-Франківськ	Долина	Яремче
Дос.3.1.Б.	4,3±1,1	22499,19	29239,34	65033.81
Дос.3.2.Б.	4,5±1,2	17377,109	36691,258	63883.80
	скп	Івано-Франківськ		
Дос.4.1.А.	2,6±1,2	1341,6018		

# *Схематичне зображення закладеного базису*



## *Залежності похибок від кількості усереднень*



В результаті виконаних досліджень експериментально встановлено, що середня квадратична похибка виміру віддалі і кута за допомогою RTN (Real Time Network) методу становить:  $2,52 \pm 0,01$  мм і  $2,08 \pm 0,95''$  відповідно. Для отримання оптимальних результатів вимірювання потрібно налаштувати GNSS-приймач на 25-45 усереднень.

Одержані результати дозволяють виконати розрахунок похибки виносу проектної точки на місцевість  $m_{pp}$ . Наприклад, при способі полярних координат:

$$m_{pp} = \sqrt{m_S^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 * S^2}.$$

Класично точність виконання розмічувальних робіт можна отримати за формулою

$$m_p = \sqrt{m_{pp}^2 + m_{вих}^2 + m_{ц}^2 + m_{ф}^2}.$$

При використанні запропонованої методики формула матиме вигляд

$$m_p = \sqrt{m_{pp}^2 + m_{ф}^2}.$$

В результаті виконаних обчислень можна стверджувати, що загальна похибка розмічувальних робіт складатиме - 3,74 мм.

## *Технологічні допуски розмічувальних робіт в залежності від класу точності згідно ДСТУ-Н Б В.1.3 2009*

Технологічний процес	клас точності					
	1	2	3	4	5	6
Геодезичні роботи К	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5
$\Delta L$ г. р. [мм] при $L=20m$	5	8	12	20	32	45

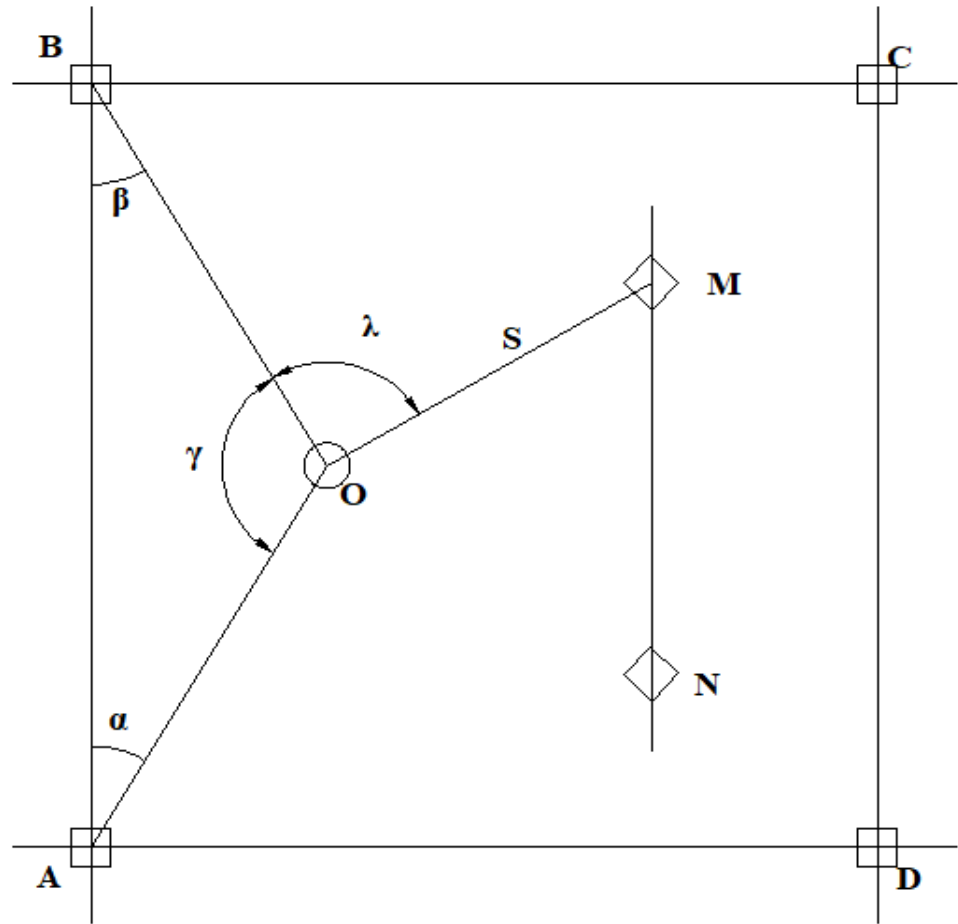
Допуски обчислені за формулою  $\Delta L = 0.001 \times \alpha \times L \times K$




Найбільшої точності вимагають геодезичні розмічувальні роботи першого класу, взаємна точність винесених елементів не повинна перевищувати 5 мм, та створення будівельної сітки, де точність взаємного розташування суміжних пунктів не повинна перевищувати 10 мм. Порівняння даних допусків с точністю RTN рішень дає можливість використовувати даний метод для більшості розмічуваних робіт на будівництві.



## *Запропонована схема розмічувальних робіт з використанням RTN-методу та ET*

Для побудови опорної геодезичної мережі на будівельному майданчику пропонується виносити в натуру мінімум два базиси АВ, і CD за допомогою GNSS-приймача, таким чином щоб вони були паралельними осям координат  $x$  та  $y$  генерального плану, на якому запроектовано об'єкт, після чого виконувати розмічування всіх елементів будівельного майданчика ET відносно цієї базової лінії.



-  - Пункти опорної геодезичної мережі
-  - Точки закріплення головних осей
-  - Місце розташування ET

Спочатку визначаємо довжину базиса, наприклад АВ за теоремою косинусів з рівняння

$$AB = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2 \cos \gamma}$$

Далі порівнюємо це значення з довжиною базиса, визначеною за координатами з рівняння

$$AB = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2}$$

$X_a, X_b, Y_a, Y_b$  – координати опорних пунктів одержані за результатами супутникових спостережень.

Визначимо допустиме розходження між цими двома значеннями.

Для спрощення і наочності розрахунку розглянемо частковий випадок, коли сторони  $l_1$  та  $l_2$  однакові і виміряні ЕТ з однаковою точністю, СКП рівні  $m_{l_1} = m_{l_2}$ .

$$AB = \sqrt{2l^2 - 2l^2 \cos \gamma} = \sqrt{2l^2(1 - \cos \gamma)}$$

Продиференціюємо дану функцію за  $l$  та  $\gamma$ ,

$$m_{AB}^2 = \left(\frac{dAB}{dl}\right)^2 m_S^2 + \left(\frac{dAB}{d\gamma}\right)^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2}$$

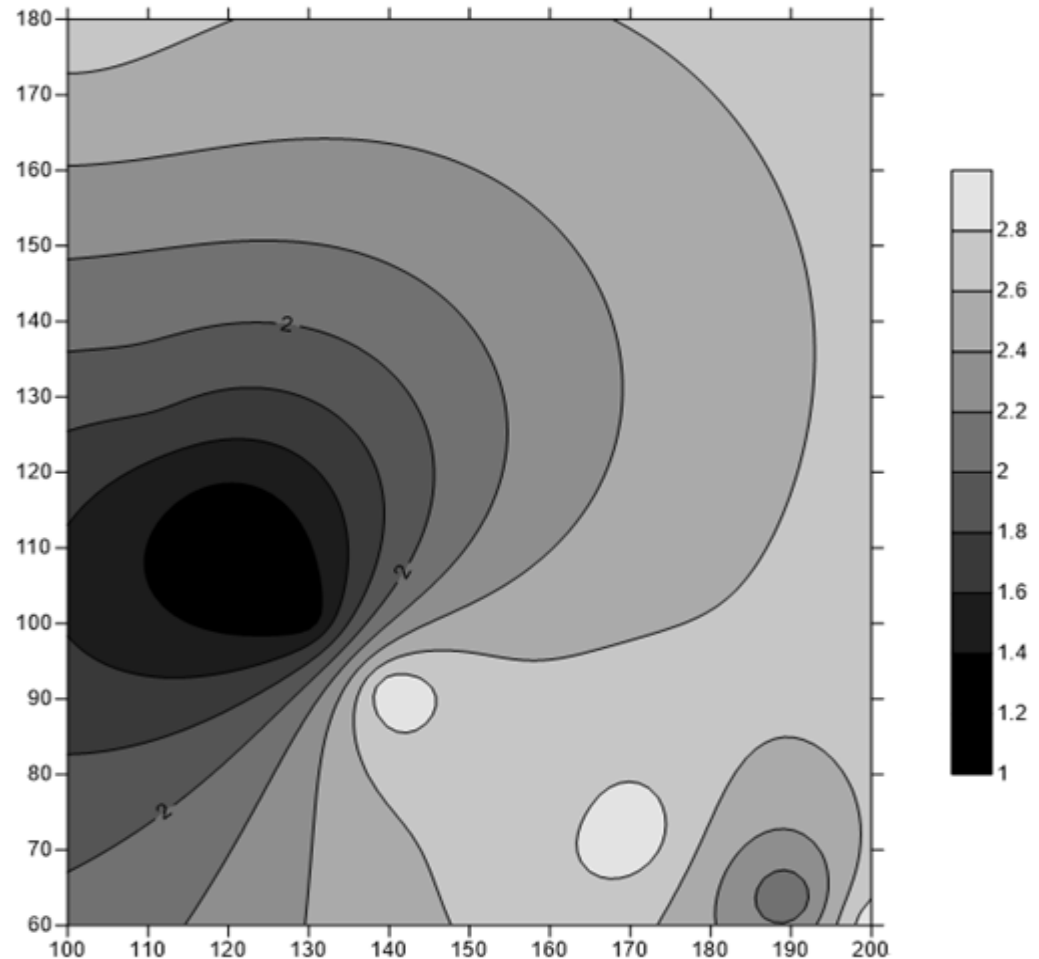
в результаті чого одержимо:

$$m_{AB}^2 = 4m_S^2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} l^2 \cos^2 \frac{\gamma}{2}$$

## *Значення похибки визначення віддалі $t_{AB}$ залежно від положення точки $O$ на будівельному майданчику*

Аналіз показує, що в залежності від розміщення т.О відносно базисної лінії АВ, максимальна похибка визначення віддалі не перевищує  $t_{ABmax} = 3.0$  мм. При обчисленнях приймали точність визначення віддалей  $m_s = 0.0015$  м та кута  $m_\beta = 2''$ .

Таким чином СКП винесення базису АВ супутниковим методом та максимальна похибка визначення цієї відстані методом вимірювання відносно базової лінії будуть рівноточні, що дає можливість порівнюючи дані значення віддалі, додаткового контролю при вимірюванні.



# *Висновки*

При попередньому винесенні базису двох частотним GNSS приймачем, з врахуванням того щоб базис був паралельний головними осями будівлі на генплані і робочих кресленнях, та наступним розмічуванням всіх елементів будівельного майданчика ET методом від базової лінії можна забезпечити планову точність із одноразових вимірів в межах 5-6 мм, що дозволяє використовувати даний метод на об'єктах, які потребують навіть високої точності вимірювання.

Особливість даного методу дає можливість відмовитись від побудови класичної будівельної сітки та надійно контролювати виконані виміри, при цьому значно зменшивши затрати часу на виконання геодезичних робіт на будівництві.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ