



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО"**



**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА
ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ**

**XVII НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
«ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА»**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

29 квітня 2025 р.

**КИЇВ
2025**

Енергетика. Екологія. Людина. Зб. наукових праць НН ІЕЕ, КПІ імені Ігоря Сікорського – Київ: ІЕЕ, 2025. – 109 с.

У збірнику представлено статті молодих фахівців з питань перспективних розробок та нових рішень в енергетиці сталого розвитку на XVII науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина».

До збірника включено статті за такими напрямками: сталий розвиток енергетики, енергетичний менеджмент та інжиніринг, сучасні системи забезпечення електричною енергією, інжиніринг та автоматизація електротехнічних комплексів, мехатроніка енергоємних виробництв, проблеми видобутку корисних копалин, геотехнічне і міське підземне будівництво, інженерна екологія та ресурсозбереження, охорона праці, промислова та цивільна безпека, а також особливості функціонування паливно-енергетичного комплексу України з урахуванням природоохоронних вимог. Викладено методи аналізу системи електропостачання, дано оцінку рівнів енергозабезпеченості та енергоефективності з урахуванням екологічного фактора та впливу галузі на людину.

Друкується за рішенням Вченої Ради НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського

Оргкомітет конференції:

Голова комітету: Оксана **ВОВК**, д-р. техн. наук, професор, директор НН ІЕЕ.

Заступник голови – Олег **ЗАКЛАДНИЙ**, канд. техн. наук., доцент, заст. директора НН ІЕЕ з наукової та інноваційної роботи.

Члени оргкомітету:

Сергій БОЙЧЕНКО д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних систем;

Олена БОРИЧЕНКО канд. техн. наук., доцент, завідувач кафедри електропостачання

Наталя ЗУЄВСЬКА д-р. техн. наук, професор, в.о. завідувача кафедри геоінженерії;

Вікторія ВАПНІЧНА канд. техн. наук, доцент кафедри геоінженерії;

Софія ЖОЛТАЙЛИ PhD, старший викладач кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних систем;

Олег КОЦАР канд. техн. наук, доцент кафедри електропостачання;

Адреса організаційного комітету:

Україна, Київ, 03056, вул. Борщагівська, 115, корпус № 22

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Сайт конференції: www.power.kpi.ua

Укладання збірника наукових праць: Закладний О.О.

Матеріали подані у авторській редакції.

Відповідальність за зміст і достовірність даних несуть автори тез.

ISSN 2307-7239

© Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2025

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ № 1. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИКИ. СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

| | |
|---|----|
| Н. О. Поліщук. Підвищення стійкості і гнучкості систем комбінованого електропостачання житлових комплексів | 6 |
| Х.В. Сіваченко, О.В. Бориченко. Теплові електростанції як джерело дрібнодисперсного пилу: виклики та шляхи очищення | 12 |
| С.О. Ярошук, О. В. Бориченко. Роль гнучкого попиту (demand response) у декарбонізації енергетичних систем: міжнародний досвід і можливості для України | 18 |
| І.І. Богойко. Розвиток зарядної інфраструктури: аналіз досвіду країн ЄС та перспективи для України | 24 |
| К.М. Гілевич. Керування попитом активних споживачів | 30 |
| А.А. Лепешко. Перспективи розвитку електропостачання постійного струму в населених пунктах | 46 |
| Р.Д. Шматок. Ecofriendly матеріали для енергоефективного будівництва | 52 |

СЕКЦІЯ 2. ІНЖИНІРИНГ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ТА МЕХАТРОННИХ КОМПЛЕКСІВ

| | |
|---|----|
| К. В. Фута. Порівняльний аналіз кількості та якості вихідних продуктів в результаті переробки гумових відходів різних типів методом піролізу | 58 |
| A.R. Trachuk. Risk analysis and ways to neutralize them to increase the level of energy security in the renewable energy sector of Ukraine | 63 |
| О.О. Тригубець, А. В. Торопов. Одноконтурна система керування швидкістю телескопічного конвеєра логістичного хабу | 68 |
| Д. Гавриць, С.В. Бойченко Водень як основа сталого енергетичного переходу: аналіз ключових етапів водневого енергетичного циклу | 73 |

СЕКЦІЯ 3. ГЕОІНЖЕНЕРІЯ, ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

| | |
|--|----|
| I. Piskun, D. Zalivan, Ya. Naumov. Assessment of the feasibility of biochar application for restoring soil fertility in areas affected by titanium ore extraction | 80 |
| А. Петелька, Л. Скляр. Підвищення енергоефективності процесу зневоднення тонко подрібнених залізородних концентратів | 86 |
| А.В. Нестеренко, В.М. Сліденко, О.І. Тесленко. П'єзокавітаційна хвильова технологія інтенсифікації видобутку вуглеводнів | 90 |

| | |
|--|-----|
| В.О.Назаренко, Г.В. Бруй, В.С. Волокітін Розрахунок похибки положення віддаленого пункту підземного полігонометричного ходу | 94 |
| К.В. Торунда, Н.В. Кушнірук. Обґрунтування залучення до виробництва техногенної сировини для зниження негативного впливу на зовнішнє середовище | 99 |
| В.О. Назаренко, Г.В. Бруй, Г.А. Новицький. Осідання земної поверхні при відході лави від розрізної печі | 102 |
| А.А. Лепешко. Конструктивні рішення станції метрополітену | 107 |

УДК 622.1:528

Назаренко Валентин Олексійович, д.т.н., проф., кафедра гірничої справи
Бруй Ганна Валеріївна, к.т.н., доц., кафедра гірничої справи
Волокітін Володимир Сергійович, магістрант, кафедра гірничої справи
Технічний університет «Метінвест політехніка»

РОЗРАХУНОК ПОХИБКИ ПОЛОЖЕННЯ ВІДДАЛЕНОГО ПУНКТУ ПІДЗЕМНОГО ПОЛІГОНОМЕТРИЧНОГО ХОДУ

Анотація: на підставі аналізу різних схем розімкнених полігонометричних ходів, що мають ламану форму, отримано спрощену залежність похибки положення кінцевого пункту від довжини ходу, довжини замикаючої та кількості сторін. Відхилення результатів розрахунків за спрощеною формулою від розрахунків за суворим способом не перевищує 20%.

Ключові слова: полігонометричний хід, вимірювання, похибки, похибка координат.

Вступ. З усіх видів підземних зйомок маркшейдерів найбільш відповідальними є зйомки в підземних опорних мережах. Це зумовлено тим, що опорні мережі служать головною геометричною основою всіх підземних зйомок та від похибок визначення положення пунктів полігонометричних ходів, що утворюють мережі, залежить точність та надійність вирішення гірничо-геометричних інженерних завдань та складання маркшейдерських планів гірничих виробок.

Відповідно до вимог нормативних маркшейдерських документів [1, 2] середня квадратична похибка положення довільного (найвіддаленішого) пункту опорної мережі не повинна перевищувати 0,6 м для вугільних родовищ та 0,4 мм на плані для інших родовищ корисних копалин. Ці вимоги забезпечуються відповідною точністю та методикою виконання кутових та лінійних вимірювань у полігонометричних ходах.

Впровадження більш продуктивних способів розробки родовищ, застосування комплексної механізації, збільшення розмірів шахтних полів та процес об'єднання та укрупнення гірських підприємств призвели до того, що довжина полігонометричних ходів підземних опорних мереж сучасних шахт та рудників значно збільшилася та досягає десятків кілометрів. Через особливості побудови підземних опорних мереж створюються передумови для накопичення похибок вимірювань та певних труднощів щодо забезпечення необхідної точності положення пунктів полігонометричних ходів. Особливо це стосується віддалених точок опорних мереж.

Мета та завдання. Викладене вище пояснює необхідність виконання попередньої оцінки точності положення віддалених пунктів опорної мережі ще на стадії її проектування та вжиття відповідних заходів для підвищення точності у разі невиконання нормативних вимог.

Матеріал і результати досліджень. Розрахунок помилки положення віддаленого пункту опорної мережі, як правило, виконується як похибка кінцевого пункту вільного полігонометричного ходу (рис. 1) за відомою формулою (1)

$$M_K^2 = \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^{i=n} R_i^2 + \mu^2 \sum_{i=1}^{i=n} l_i + \lambda^2 L^2, \quad (1)$$

де $m_{\beta_1}, m_{\beta_2}, m_{\beta_3}, \dots, m_{\beta_n}$ - Середні похибки виміряних кутів; $R_i = R_1, R_2, \dots, R_n$ - Найкоротші відстані від точки K полігону до відповідних точок ходу; $l_i = l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ - Виміряна довжина сторін ходу; L - Довжина замикаючої, що з'єднує першу і останню точки ходу; λ -

Коефіцієнт, що виражає вплив систематичних похибок на одиницю довжини; μ - Коефіцієнт, що виражає вплив випадкових похибок на одиницю вимірюваної довжини.

Розрахунки за схемою рис. 1 можливі при відомих координатах точок полігонометричного ходу. У разі проектування підземної маркшейдерської опорної мережі положення точок ходу невідомо, з огляду на те, що у проекті побудови мережі встановлюють лише принципову схему, її основні конструктивні елементи, місця визначення опорних дирекційних кутів, місця примикання підземної мережі до пунктів на земній поверхні, місця замикання полігонів та місця встановлення постійних пунктів. Як наслідок застосування формули (1) для розрахунку точності положення віддаленого пункту стає неможливим.

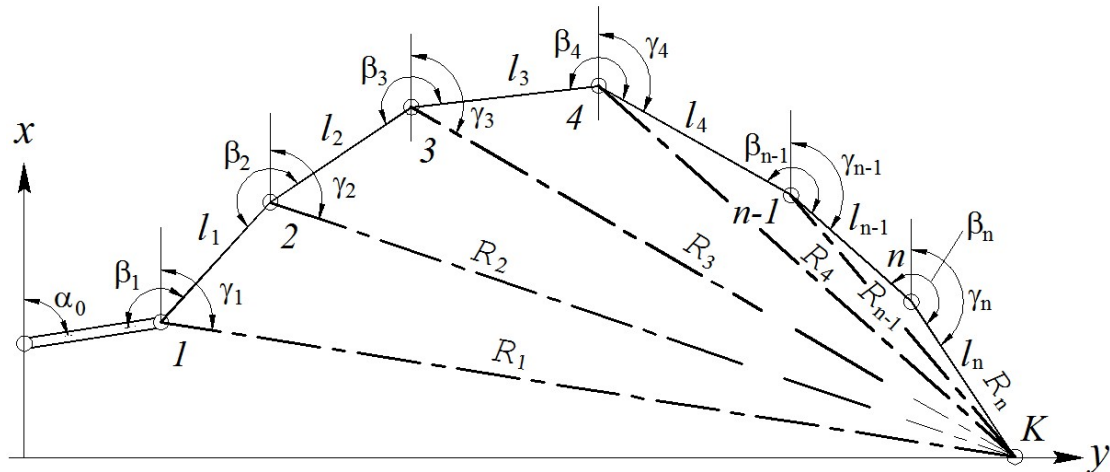


Рис. 1. Схема вільного полігонометричного ходу для розрахунку точності положення віддаленого пункту

У маркшейдерській практиці застосовуються спрощені методи оцінки точності полігонометричних ходів. Зокрема для розрахунку помилки положення пунктів витягнутих ходів від помилок кутівих вимірів рекомендуються формули:

$$M^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \left(\frac{n + 1,5}{3} \right); \quad (2)$$

$$M^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \left(\frac{n}{3} \right). \quad (3)$$

У ходах ламаної форми помилки положення пунктів рекомендується виконувати за формулою

$$M_B^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot \frac{(\sum l + L)^2 n}{12} \quad (4)$$

Нами виконано розрахунок похибок віддалених точок (точка К) за строгою формулою (1) та спрощеними формулами (2-4). Усього виконано 54 варіанти розрахунків, що включають 9 різних схем (рис. 2), для кожної з яких змінювалися: довжина ходу $S = \sum l$, середня довжина сторони ходу l , кількість сторін ходу n і довжина замикаючої L . Результати розрахунків за формулою (1) та параметри аналізованих ходів наведені в таблиці 1.

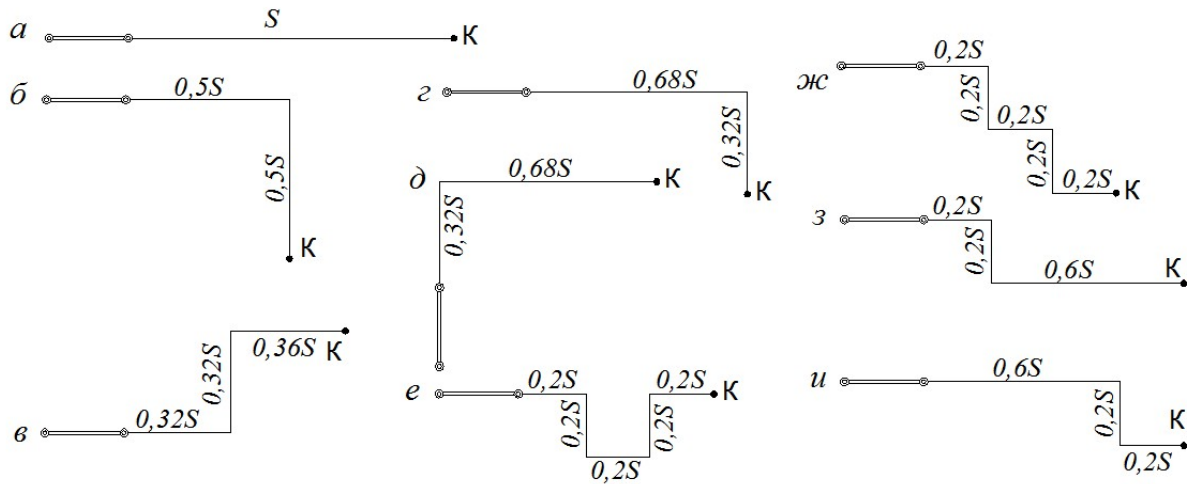


Рис. 2. Схеми аналізованих полігонометричних ходів

Таблиця 1

Параметри аналізованих полігонометричних ходів

| S, м | 2040 | | 1980 | | 3000 | | 3960 | | 6000 | | 9000 | |
|------------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|------|
| l, м | 60 | | 30 | | 60 | | 60 | | 60 | | 60 | |
| n | 34 | | 66 | | 50 | | 66 | | 100 | | 150 | |
| № варіанта | $\sum R^2 \cdot 10^4, \text{м}^2$ | L, м | $\sum R^2 \cdot 10^4, \text{м}^2$ | L, м | $\sum R^2 \cdot 10^5, \text{м}^2$ | L, м | $\sum R^2 \cdot 10^5, \text{м}^2$ | L, м | $\sum R^2 \cdot 10^5, \text{м}^2$ | L, м | $\sum R^2 \cdot 10^6, \text{м}^2$ | L, м |
| а | 4927 | 2040 | 8822 | 1980 | 1545 | 3000 | 3528 | 3960 | 12180 | 6000 | 4090 | 9000 |
| б | 3054 | 1442 | 5490 | 1400 | 960 | 2121 | 2195 | 2800 | 7590 | 4243 | 2551 | 6364 |
| в | 2741 | 1530 | 4901 | 1476 | 848 | 2227 | 1960 | 2952 | 6768 | 4481 | 2272 | 6708 |
| г | 3834 | 1530 | 6951 | 1490 | 1212 | 2255 | 2780 | 2980 | 9595 | 4509 | 3226 | 6764 |
| д | 2741 | 1530 | 4910 | 1490 | 859 | 2255 | 1963 | 2980 | 6775 | 4509 | 2275 | 6764 |
| е | 1857 | 1200 | 3311 | 1200 | 580 | 1800 | 1324 | 2400 | 4577 | 3600 | 1554 | 5460 |
| ж | 2563 | 1465 | 4589 | 1431 | 803 | 2163 | 1835 | 2862 | 6334 | 4327 | 2127 | 6490 |
| з | 3021 | 1674 | 5473 | 1637 | 954 | 2474 | 2189 | 3274 | 7515 | 4948 | 2522 | 7422 |
| і | 3762 | 1674 | 6660 | 1637 | 1191 | 2519 | 2663 | 3274 | 9243 | 4948 | 3105 | 7422 |

Надалі аналізі значення похибок M^2_K , розраховані за формулою (1) приймалися як зразок.

Аналіз результатів отриманих за формулами (2, 3) для витягнутого полігонометричного ходу (варіанту на рис. 2) показав практично повну збіжність з розрахунками по (1). Результати, отримані з використанням формули (4), вийшли значно завищеними. Максимальне відхилення спрощених розрахунків отримано для варіанта №6 і становить до 70%. Розподіл відносних помилок розрахунку за спрощеною формулою в залежності від схеми ламаного ходу показано на рисунках 3, 4.

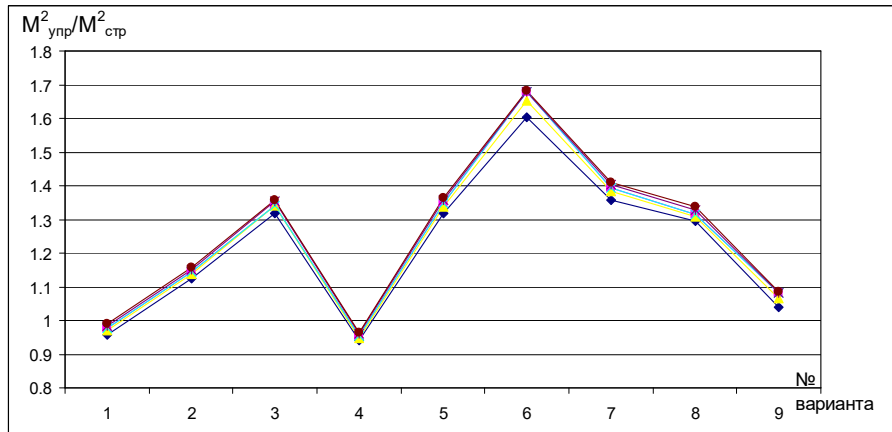


Рис. 3. Відносні похибки розрахунку за спрощеною формулою (4)

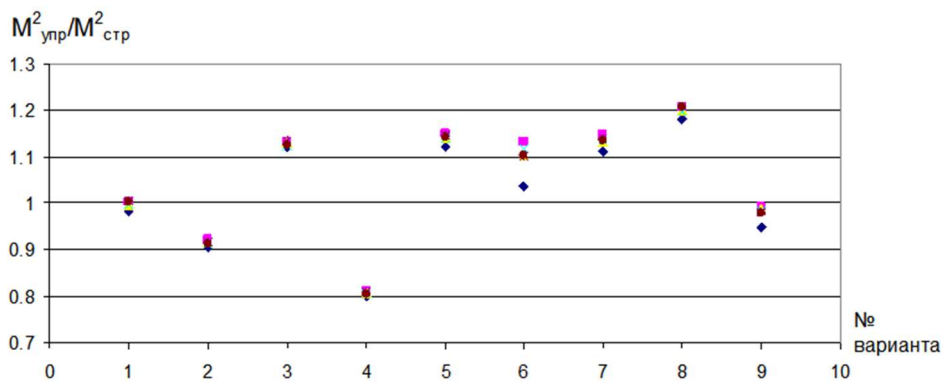


рис. 4. Відносні похибки розрахунку за спрощеною формулою (5)

Дослідження похибок положення кінцевих точок полігонометричних ходів ламаної форми різної конфігурації дозволили встановити залежність похибки від довжини ходу, довжини замикаючої та кількості сторін у ході. Для рівностороннього ходу ця похибка визначається виразом

$$M_K^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} n(0,5L - k \sum l_i) \sum l_i, \quad (5)$$

де k - Коефіцієнт, що залежить від довжини ходу; при $\sum l_i \leq 3000$ м $k = 0,158$; за 3000 м $\leq \sum l_i \leq 6000$ м $k = 0,16$; при $\sum l_i \geq 6000$ м $k = 0,162$.

Відхилення величин похибок, розрахованих за формулою (5) від еталонних значень для 54 варіантів полігонометричних ходів не перевищують 20% (див. рис. 4), що значно точніше за розрахунки за формулою (4).

Такий результат отриманий і при аналізі похибок полігонометричних ходів, що мають різні значення довжин l_i , обрані довільно в діапазоні від 30 до 240 м.

Висновки. На стадії проектування підземних маркшейдерських опорних мереж застосування строгих формул для розрахунку похибок полігонометричних ходів може виявитися неприйнятним через відсутність геометричної інформації про розташування пунктів ходів, що проектуються.

Спрощена формула, що рекомендується ВНИМИ, для передрахунку похибки віддаленого пункту полігонометричного ходу ламаної форми дає завищені значення похибок,

які можуть в 1,7 рази перевищувати результати розрахунків за суворою формулою.

Встановлено, що основними параметрами полігонометричного ходу ламаної форми, що визначають величину похибки положення його кінцевої точки від похибок кутових вимірювань, є: довжина ходу, довжина його замикаючої та кількість сторін ходу.

Отримана в результаті досліджень формула для спрощеного розрахунку дозволяє визначити похибку положення кінцевої точки полігонометричного ходу ламаної форми з точністю 20%, що задовольняє точності інженерних розрахунків. Застосування цієї формули значно спрощує маркшейдерські розрахунки за відсутності необхідної геометричної інформації про положення пунктів полігонометричних ходів, що проектуються.

Список літератури

1. Surveying robots in coal mines and open pits. Instructions // Redkomis. : M.E.Kaplanets (head) and in. - View. official - Donetsk: TOV "ALAN", 2001. - 264 p.
2. Instructions for the production of surveying robots // Ministry of Coal Industry of the USSR. - M.: Nadra, 1987. - 240 p.
3. Mine surveyor on the right: Handbook for universities // D.N. Ogloblin, G.I. Gerasimenko, A.G. Akimov and in. - 3 types, recycled. ta add. - M., Nadra, 1981. - 704 p.
4. A practical guide to the use of underground surveying support lines. - L.: UNIMI, 1970. - 258 p.
5. Methodical insertions to ensure the preparation of underground survey support lines. - L.: UNIMI, 1975. - 126 p.
6. NPAON 74.2-1.07-21 Rules for the determination of mine surveying work during the development of ore and non-metallic bark copaline genera. – 2021. – 260 p.
7. John Walker, Joseph Awange. Surveying for Civil and Mine Engineers. Acquire the Skills in Weeks. – Springer. – 2020. – 411p. doi.org/10.1007/978-3-030-45803-4.
8. John Walker • Joseph L. Awange. Surveying for Civil and Mine Engineers. Theory, Workshops, and Practicals. – Springer. – 2018. – 271p. - DOI 10.1007/978-3-319-53129-8.

**Nazarenko V., Brui H., Volokitin V.,
Department of Mining, Metinvest Polytechnic Technical University.**

CALCULATION OF THE ERROR OF THE POSITION OF A REMOTE POINT OF AN UNDERGROUND POLYGONOMETRIC PASSAGE.

On the basis of various schemes opened polygonal traverses analysis having the broken form, the simplified dependence of distant point position error on length of a traverse, lengths closing and quantities of the parties is received. The deviation of results of calculations under the simplified formula from calculations on a strict way does not exceed 20 %.

Keywords: polygonometric run, measurements, errors, coordinate error.