

В.В. Горелікова, асист.

Житомирський державний технологічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗНІМАЛЬНИХ МЕРЕЖ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ТОЧНОСТІ МАРКШЕЙДЕРСЬКОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА СТРИЖАВСЬКОМУ РОДОВИЩІ МІГМАТИТІВ

(Представлено д.т.н. Наразенко В.О., к.т.н. Соболевським Р.В.)

Виконано оптимізацію маркшейдерських робіт щодо створення знімального обґрунтування шляхом геометризації розподілу проектних середніх квадратичних похибок визначення положення пунктів знімальної мережі оберненою засічкою з пунктів опорної мережі. Встановлено залежність між розподілом проектних значень середніх квадратичних похибок та положенням пунктів опорної мережі. Наведено рекомендації щодо розташування пунктів знімальної основи.

Постановка проблеми. Маркшейдерські опорні мережі призначені для розв'язання промислових та спеціальних маркшейдерських задач та забезпечення необхідної точності маркшейдерських зйомок. Оскільки організація маркшейдерських робіт на кар'єрах характеризується тим, що роботи виконуються з послідовним переходом від загального до конкретного, тому доречно проаналізувати, як положення точок опорної мережі, а також як точність визначення їх положення впливає на вибір способу створення знімальної мережі та на точність визначення планового положення запроєктованих точок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Повний розв'язок оберненої засічки був запропонований французьким математиком Лорано Потенотом. У наш час існує близько 100 способів розв'язку цієї задачі. Найбільш відомі розв'язки за формулами Делабра, Кнейсея, Пранис-Праневича, Павлова та ін. [1, 2, 4, 5, 9].

Оцінку точності визначення координат оберненою засічкою аналітичним способом було запропоновано М.В. Постиковим, геометричним – О.С. Чеботарьовим, А.П. Болотовим та ін. [7].

О.С. Раєва [8] у своїй дисертації для розв'язку задачі оцінки точності геодезичних засічок використала матричний підхід. На основі розрахунків було визначено значення кутів, за яких похибка положення пункту приймає найменше значення.

При застосуванні оберненої засічки зустрічаються із поняттям «небезпечного круга», тобто випадку, за якого вихідні дані та шукана точка розташовані на дузі кола (в цьому випадку обернена засічка не має розв'язку). У своїй дисертації Е.П. Власенко [2] навів алгоритм розв'язку оберненої кутової засічки для запобігання неоднозначності розв'язку та встановлення інструменту поблизу «небезпечного круга».

Описані вище роботи спрямовані на розв'язання оберненої засічки або на визначення похибки положення пункту, в даній статті використані ці методи, на основі яких виконано геометризацію похибки положення пункту, тобто наочно показано який просторовий характер розподілу має зазначена величина за умов розглянутого кар'єру.

Мета роботи. Геометризація розподілу проектних середніх квадратичних похибок визначення положення пунктів знімальної мережі оберненою засічкою з пунктів опорної мережі.

Викладення основного матеріалу. На сьогоднішній день на кар'єрах для створення знімальної мережі широко застосовується обернена засічка. Застосування оберненої засічки дозволяє до мінімуму скоротити польові вимірювання, але її використання має бути обґрунтовано передрозрахунками точності. Для того, щоб в подальшому уникнути передрозрахунків та мати наочні уявлення про розподіл проектних середніх квадратичних похибок визначення положення пункту знімального обґрунтування виконуємо геометризацію зазначених вище середніх квадратичних похибок.

Спочатку виконуємо передрозрахунок точності положення запроєктованого пункту, для цього закладаємо 5 знімальних точок. Проектуючи положення цих точок необхідно пам'ятати, що при тахеометричній зйомці відстань від інструмента до пікету для масштабу 1:2000 не повинна перевищувати 200 м. У нашому випадку цими точками є Р1, Р2, Р3, Р4 і Р5. Опорна мережа на досліджуваному родовищі представлена чотирма пунктами ПП1, ПП2, ПП3 і ПП4. Для кожної запроєктованої точки складають варіанти засічок найбільш вигідної форми, маючи на увазі, що сума кутів $\varphi + \psi$ повинна відрізнятись від 0° або 180° не менше ніж на 30° (розглядаємо чотири варіанти засічок: I – створення обернених засічок з опорних пунктів ПП1, ПП2, ПП3; II – з пунктів ПП2, ПП3, ПП4; III – з пунктів ПП1, ПП2, ПП4; IV – з пунктів ПП1, ПП3, ПП4). Розраховують середню квадратичну похибку (м) положення точки по кожному варіанту засічок за формулою [6]:

$$M_p = \frac{S_2 m_\beta''}{\rho'' \sin(\varphi + \psi)} \sqrt{\left(\frac{S_1}{S_{1-2}}\right)^2 + \left(\frac{S_3}{S_{2-3}}\right)^2}, \quad (1)$$

де S_1, S_2, S_3 – горизонтальні прокладання віддалі від запроєктованої точки до вихідних пунктів полігонометрії.

Кути φ і ψ вимірюють на плані з округленням до 1° , довжини сторін – до 0,1 км. Похибку M_p обчислюють з точністю до 0,1 м. Значення $\sin(\varphi + \psi)$ округляють до другої цифри після коми. Із варіантів засічок для кожної точки вибираємо два таких, у яких похибки мають найменше значення. Упускаючи проміжні розрахунки, зазначимо, що такими варіантами є III і IV, з якими надалі і працюємо.

Для визначення координат точок знімальної основи використовуємо формулу Делаμβра.

Спосіб Делаμβра полягає в знаходженні дирекційного кута початкового напрямку з пункту, що визначається на вихідний, а потім – в обчисленні координати шуканого пункту [7].

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(y_2 - y) \operatorname{ctg} \beta_1 - (y_3 - y) \operatorname{ctg} \beta_2 + (x_3 - x_2)}{(x_2 - x_1) \operatorname{ctg} \beta_1 - (x_3 - x_1) \operatorname{ctg} \beta_2 - (y_3 - y_2)}. \quad (2)$$

Формула визначення x має вигляд:

$$x = x_2 + \frac{(x_2 - x_1) \operatorname{tg} \alpha - (y_2 - y_1)}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta_1) - \operatorname{tg} \alpha}. \quad (3)$$

Знаючи x , знайдемо y , скориставшись одним із рівнянь системи:

$$\begin{cases} y_1 - y = (x_1 - x) \operatorname{tg} \alpha \\ y_2 - y = (x_2 - x) \operatorname{tg}(\alpha + \beta_1) \\ y_3 - y = (x_3 - x) \operatorname{tg}(\alpha + \beta_2) \end{cases} \quad (4)$$

Для того, щоб визначити, як розподіляються очікувані (проектні) середні квадратичні похибки визначення положення пунктів знімальної мережі було визначено похибки визначення положення ще 68 точок. Точність визначення координат оберненої засічки було визначено графічно методом професора О.С. Чеботарьова. Будують так званий «зворотний» трикутник. Для цього обчислюється [9]:

$$r_i = \frac{\rho''}{S_i}. \quad (5)$$

Значення r_i відкладають у напрямках від точки P . Отримують на лініях S_1, S_2, S_3 точки 1, 2, 3, що є вершинами «зворотного» трикутника. Довжини сторін цього трикутника $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ вимірюють графічно. Вираховують площу трикутника F також графічно, або за формулою Герона. Похибка M_p у положенні точки P визначається за формулою:

$$M_p = \frac{1}{2F} \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2} \cdot m_{напр}, \quad (6)$$

де $m_{напр}$ – похибка вимірювання кутів, що визначається за формулою:

$$m_{напр} = \frac{m_\beta}{\sqrt{2}}, \quad (7)$$

де m_β – похибка вимірювання напрямків.

Середні квадратичні похибки визначення положення пунктів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1
Каталог середніх квадратичних похибок визначення положення запроєктованих точок

№ пункту	СКП, мм варіант III	СКП, мм варіант IV	№ пункту	СКП, мм варіант III	СКП, мм варіант IV	№ пункту	СКП, мм варіант III	СКП, мм варіант IV
1	20	11	26	9	12	51	12	11
2	10	11	27	9	13	52	13	12
3	9	18	28	9	13	53	15	14

4	20	27	29	9	14	54	16	16
5	27	24	30	9	15	55	18	17
6	6	17	31	9	16	56	20	19
7	8	14	32	9	17	57	22	22
8	198	9	33	10	19	58	23	24
9	335	11	34	11	20	59	20	12
10	39	11	35	11	21	60	20	13
11	60	5	36	12	22	61	21	14
12	6	9	37	14	23	62	21	16
13	8	19	38	15	24	63	22	19
14	9	13	39	16	25	64	22	20
15	8	19	40	18	27	65	24	21
16	19	10	41	20	29	66	25	24
17	17	10	42	11	11	67	21	28
18	16	10	43	11	12	68	21	28
19	15	10	44	12	14	69	22	28
20	14	10	45	13	16	70	22	27
21	13	10	46	14	19	71	22	27
22	12	10	47	15	23	72	23	27
23	11	10	48	17	25	73	24	27
24	11	10	49	18	28			
25	10	11	50	11	11			

На основі даних, наданих у таблиці 1 побудовано ізолінії середніх квадратичних похибок визначення положення пунктів. Результати геометризації представлено на рисунках 1 та 2.

Як видно з рисунків, розподіл середніх квадратичних похибок залежить від вибору варіанта засічок, тобто від вибору точок опорної мережі, що задіяні при проектуванні обернених засічок. Найменше значення похибок прослідковується у тій частині кар'єру, де знаходиться середній із трьох вибраних пунктів; значення цього параметра починає збільшуватись в сторону меж кар'єру, максимального свого значення похибки отримують на протилежній від закладених опорних пунктів стороні кар'єру.

Ці дані можна використати при проектуванні місця розташування пункту знімальної мережі. Незважаючи на те, що даний пункт не є постійним, але до вибору місця його закладання все одно слід підходити ретельно, оскільки точність визначення його положення в подальшому впливає на результати виконання зйомки подробиць, підрахунки об'ємів порід, розбиття осі траншей та й взагалі на точність виконання всіх маркшейдерських робіт на кар'єрі. Крім того, при подальшому розвитку фронту робіт у східному напрямку, виникне проблема поповнення пунктів опорної мережі. Проаналізувавши представлені рисунки, можна навести рекомендації щодо розташування запроєктованих пунктів опорної мережі, тобто при якому їх розташуванні розподіл проектних середніх квадратичних похибок, визначення положення пунктів опорної мережі оберненою засічкою буде найменшим.

Висновки. У результаті аналізу перерахованих вище креслень встановлено, що при проектуванні точок знімального обґрунтування в північній частині кар'єру краще опиратись на пункти опорної мережі ПП1, ПП2 і ПП3, а південній частині кар'єру – на ПП1, ПП3 та ПП4. Це дозволить оптимізувати час на проведення попередніх розрахунків, а також визначити оптимальне положення точки на визначеній ділянці з точки зору точності визначення його положення.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Геодезія. Ч. I / Л.І. Ахоніна, Д.В. Брежнев, Ю.М. Гавриленко та ін. ; за заг. ред. проф., д.т.н. С.Г. Могильного, д.т.н. С.П. Войтенка. – Донецьк : ТОВ Технопарк ДонДТУ «УНІТЕХ», 2003. – 458 с.
2. Власеко Е.П. Разработка методики создания разбивочной основы на монтажном горизонте высотных зданий : автореф. ... канд. техн. наук : специальность 25.00.32 «Геодезия» / Е.П. Власенко. – Екатеринбург, 2011. – 24 с.
3. Грабовий В.М. Геодезія : навч. посібн. / В.М. Грабовий. – Житомир : ЖДТУ, 2004. – 455 с.
4. Іськов С.С. Маркшейдерські опорні мережі / С.С. Іськов. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – 48 с.
5. Инструкция по производству маркшейдерских работ / Министерство угольной промышленности СССР, Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела. – М. : Недра, 1987. – 240 с.

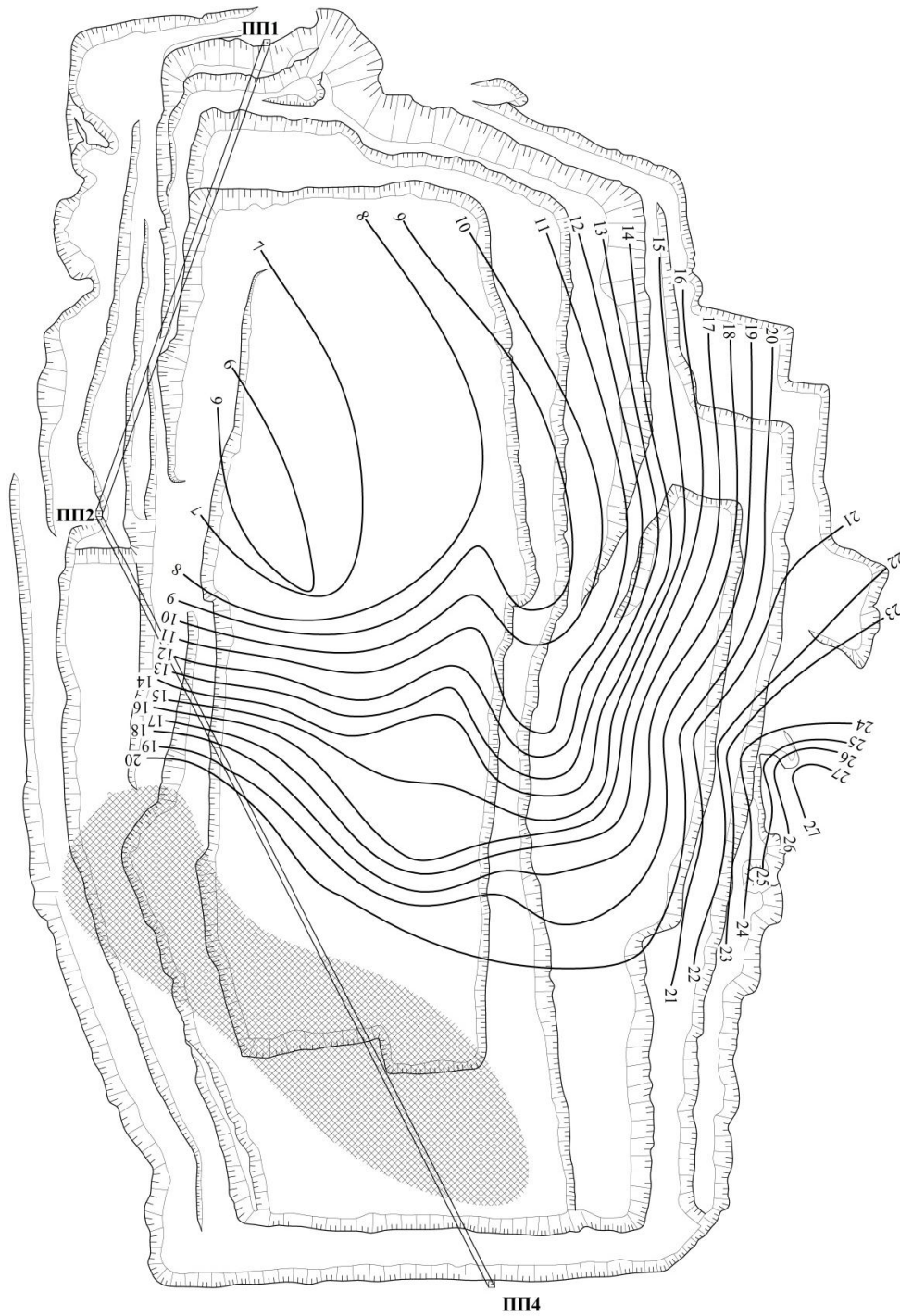
6. Межотраслевая инструкция по определению и контролю добычи и вскрыши на карьерах. – М. : Недра, 1979. – 34 с.
7. *Островський А.Л.* Геодезія : підручник. Ч. II / *А.Л. Островський, О.І. Мороз, В.Л. Тарнавський.* – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. – 564 с.
8. *Раева О.С.* Исследование и обоснование точности построения маркшейдерских опорных и съемочных сетей : автореф. ... канд. техн. наук : специальность 25.00.32 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»/ *О.С. Раева.* – М., 2009. – 21 с.
9. *Селиханович В.Г.* Геодезия : учебн. для вузов. Ч. II / *В.Г. Селиханович.* – М. : Недра, 1981. – 544 с.

ГОРЕЛІКОВА Вікторія Володимирівна – асистент кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– маркшейдерія.

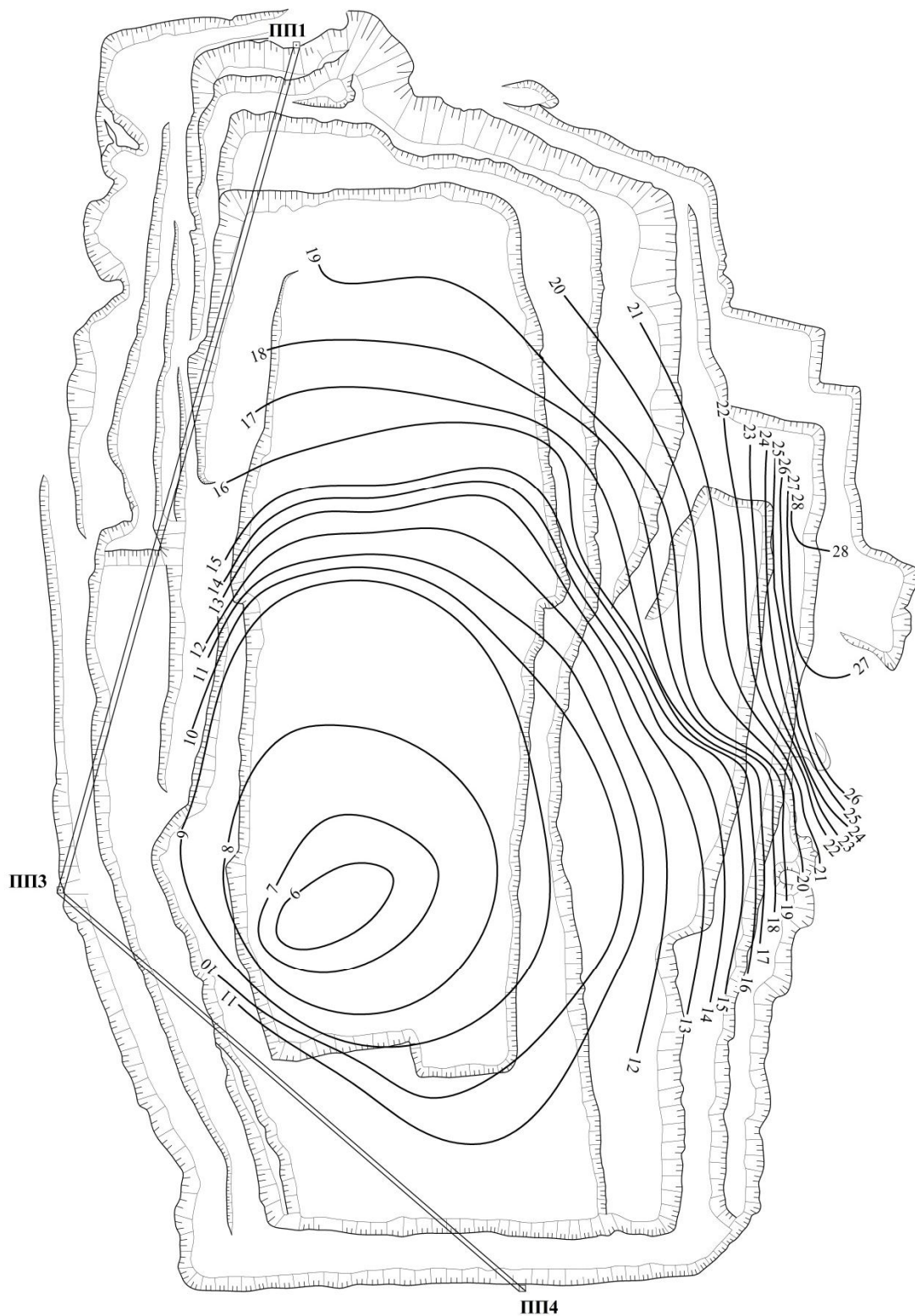
- Подано 10.08.2011



Умовні позначення:

- ПП1 □ - пункт полігонометрії 1-го розряду;
- 7— - ізолінії проектних середніх квадратичних похибок визначення положення пункту;
- ▨ - місце, де значення проектної середньої квадратичної похибки визначення положення пунктів перевищує допустиме.

Рис. 1. Розподіл проектних середніх квадратичних похибок визначення положення пунктів знімальної мережі оберненою засічкою з пунктів опорної мережі ПП1, ПП2, ПП4



Умовні позначення:

- ППІ □ - пункт полігонометрії 1-го розряду;
- 7— - ізолінії проектних середніх квадратичних похибок визначення положення пункту.

Рис. 2. Розподіл проектних середніх квадратичних похибок визначення положення пунктів знімальної мережі оберненою засічкою з пунктів опорної мережі ПП, ППЗ, ПП4