

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРЬСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 1</i>

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»

24 травня 2023 р. протокол № 8

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для проведення практичних занять

з навчальної дисципліни

«МАРКШЕЙДЕРСЬКІ ОПОРНІ МЕРЕЖІ»

для здобувачів вищої освіти освітнього рівня «бакалавр»

денної та заочної форм навчання

спеціальності 184 «Гірництво»

освітньо-професійна програма «Гірництво»

факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
кафедра маркшейдерії

Рекомендовано на засіданні
кафедри маркшейдерії

30 січня 2023 р.
протокол № 01

Розробники: к.т.н., доц. кафедри маркшейдерії КОТЕНКО Володимир
к.т.н., доц. кафедри маркшейдерії ІСЬКОВ Сергій
ст. викладач кафедри маркшейдерії КУНИЦЬКА Марина
ст. викладач кафедри маркшейдерії КОВАЛЕВИЧ Людмила

Житомир
2023

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 2</i>

УДК 528.024.1

Котенко В.В., Іськов С.С., Куницька М.С., Ковалевич Л.А.

Методичні вказівки для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Маркшейдерські опорні мережі» для здобувачів вищої освіти освітнього рівня «бакалавр» денної та заочної форм навчання спеціальності 184 «Гірництво» освітньо-професійна програма «Гірництво» – Житомир: Житомирська політехніка, 2023. – 34 с.

Викладено короткий зміст дисципліни «Маркшейдерські опорні мережі» для практичного вивчення курсу. Наведено методичні рекомендації для виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Маркшейдерські опорні мережі».

Для здобувачів вищої освіти освітнього рівня «бакалавр» денної і заочної форм навчання.

Рецензенти:

Кандидат технічних наук В.І. Шамрай (кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. М.Т. Бакка, Житомирська політехніка);

В.о. зав. кафедри, кандидат технічних наук, доцент В.О. Шлапак(кафедра маркшейдерії, Житомирська політехніка)

© Котенко В.В., 2023

© Іськов С.С., 2023

© Куницька М.С., 2023

© Ковалевич Л.А., 2023

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 3</i>

ПЕРЕДМОВА

Маркшейдерські роботи є складовою будь-якого гірничого виробництва. Виробничі функції інженера з гірничих робіт-маркшейдера пов'язані з маркшейдерським обслуговуванням робіт на усіх стадіях освоєння родовища корисних копалин: розвідки, будівництва, експлуатації та консервації.

Дані методичні вказівки розроблені відповідно до програми дисципліни «Маркшейдерські опорні мережі» та вимог освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів для практичного засвоєння матеріалу дисципліни.

Мета вивчення дисципліни «Маркшейдерські опорні мережі»

- надати майбутнім фахівцям повну уяву про опорні та зйомочні маркшейдерські мережі на гірничих підприємствах, що займаються видобуванням корисних копалин різними технологічними способами;
- надати загальні відомості про основні види постійних і тимчасових маркшейдерських пунктів і знаків, місця і порядок їх закладення;
- розглянути основні способи та прийоми створення та розвитку опорних маркшейдерських мереж на гірничих підприємствах;
- розглянути основні способи та прийоми створення та розвитку зйомочних маркшейдерських мереж на гірничих підприємствах;
- надати інформацію про маркшейдерсько-геодезичні прилади та інструменти, що використовуються при побудові маркшейдерських мереж;
- розглянути основні принципи проектування, розрахунку та зрівнювання маркшейдерських опорних та зйомочних мереж при розробці родовищ корисних копалин відкритим та підземним способами.

Вивчення дисципліни «Маркшейдерські опорні мережі» базується на знаннях геодезії, маркшейдерської справи, вищої математики та технологій гірничого виробництва.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 4</i>

Практичне заняття №1

РОЗБИВКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СІТКИ

Мета: Розглянути створення і розвиток зйомочних мереж на кар'єрі способом експлуатаційної сітки.

Завдання: Засвоїти теоретичний матеріал з побудови маркшейдерських зйомочних мереж способом експлуатаційної сітки. Виконати розрахунок експлуатаційної сітки згідно індивідуального завдання.

Короткі теоретичні відомості

Експлуатаційна сітка представляє собою умовну систему прямокутних координат, розбиту на поверхні поля кар'єру. Пунктами зйомочної мережі є точки перетину координатних осей (рис. 1.1), які закріплюються постійними центрами в натурі.

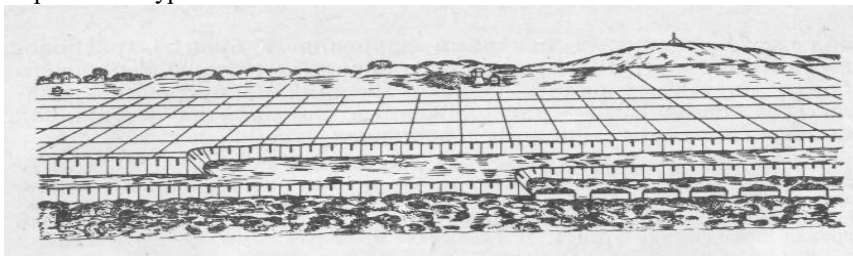


Рис. 1.1. Експлуатаційна сітка

При закладанні експлуатаційної сітки одну з взаємно перпендикулярних осей сітки направляють приблизно за простяганням покладу, що розробляється, тобто паралельно фронту гірничих робіт, або паралельно осям x , y існуючої системи координат, якщо фронт робіт має віялове переміщення або криволінійну конфігурацію.

Елементарні фігури сіток виконують у вигляді квадратів або прямокутників з розмірами сторін в хрест простягання фронту кар'єра в 20, 40 або 50 м. Розбивку сіток доцільно проводити в два прийоми. Першочергово розбивають основні квадрати 100×100 або 200×200 м. Розбивку заповнюючих квадратів або прямокутників всередині основних зручніше проводити при наближенні фронту гірничих робіт кар'єра.

При розбивці і використанні сіток слід мати на увазі, що розміри сторін квадратів чи прямокутників прийняті в проекції на горизонтальну площину.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 5</i>

Експлуатаційні сітки мають наступні переваги:

- жорстка стабільність геометричного зв'язку пунктів сітки з геологічною структурою і гірничими роботами родовища, що розробляється, роблять простим перехід від природи до плану і навпаки;
- дозволяє успішно розв'язувати питання розвідки, проектування, розробки і рекультивациї від початку до кінця експлуатації родовища;
- достатньо густа і геометрично правильна мережа пунктів дозволяє використовувати елементарно прості, але в той же час достатньо точні способи зйомок без складних обчислювальних робіт, виключаючи можливість накопичення систематичних помилок при зйомках і обліку об'ємів;
- поперечні напрямлення сіток одночасно є і профільними лініями кар'єру, по яким будуються геологічні розрізи і профілі гірничих робіт;
- можливість використання поперечних напрямлень сіток в якості ствірних ліній для встановлення і закладення пунктів на горизонтах уступів кар'єру;
- по квадратах (прямокутникам) сіток можна виконувати планування розкривних і видобувних робіт в кар'єрах, а також контроль виконання робіт: об'ємів розкриву, погашених запасів корисної копалини і рекультивациї.

Експлуатаційні сітки як спосіб зйомочного обґрунтування доцільно використовувати в наступних умовах:

- відносно спокійний рельєф поверхні території кар'єра;
- наявність не більше 2 – 3 уступів в кар'єрі, тобто в основному при розробці горизонтальних пластових і пластоподібних покладів (при більшому числі уступів через складність відновлення підроблених пунктів на нижніх уступах переходять до інших способів зйомочного обґрунтування);
- достатньо широкі робочі площадки (другого уступу).

Серед недоліків способу експлуатаційних сіток можна відмітити великий об'єм початкових робіт, пов'язаних з розбивкою сіток, що часто є суттєвою перешкодою для більш широкого використання даного способу зйомочного обґрунтування навіть на тих кар'єрах, де він безперечно є раціональним.

Проектування і розбивка основних пунктів і осей експлуатаційної сітки

При розбивці експлуатаційної сітки в якості основи може служити замкнений полігонометричний хід, який прокладають навколо проектного контуру кар'єру (1-2-3-4-5-1, рис. 1.2) і прив'язують до пунктів опорної

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 6

мережі, визначаючи координати всіх вершин ходу.

Сторони полігону рекомендується вибирати не більше 500 м і не менше 100 м. Відмічені вершини полігону міцно закріплюють центрами.

В залежності від загальної довжини полігону або його ділянки, що опирається на тверді пункти, вимірювання кутів і довжин сторін виконується згідно вимог, що пред'являються до полігонометрії 1-го або 2-го розряду.

Після прокладання полігонометричного ходу приступають до проектування і розбивки основних осей сітки з таким розрахунком, щоб одна з осей була направлена паралельно фронту гірничих робіт кар'єру.

На генеральному плані намічають розташування майбутньої сітки і графічним способом визначають дирекційний кут α однієї з осей сітки.

Одну з вершин ходу (наприклад I) приймають за вершину основного квадрату. Потім вибирають точки a , e , b і c , які є вершинами квадратів і обчислюють їх координати. Для випадку, зображеного на рис. 1.2, координати точок можуть бути знайдені за формулами:

$$x_a = x_1 + 3d \cos \alpha, \quad y_a = y_1 + 3d \sin \alpha;$$

$$x_e = x_1 + 5d \cos \alpha, \quad y_e = y_1 + 5d \sin \alpha;$$

$$x_c = x_a + 2d \cos(\alpha + 90), \quad y_c = y_a + 2d \sin(\alpha + 90);$$

$$x_b = x_a + 3d \cos(\alpha + 270), \quad y_b = y_a + 3d \sin(\alpha + 270);$$

де d – довжина сторони основного квадрату.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 7

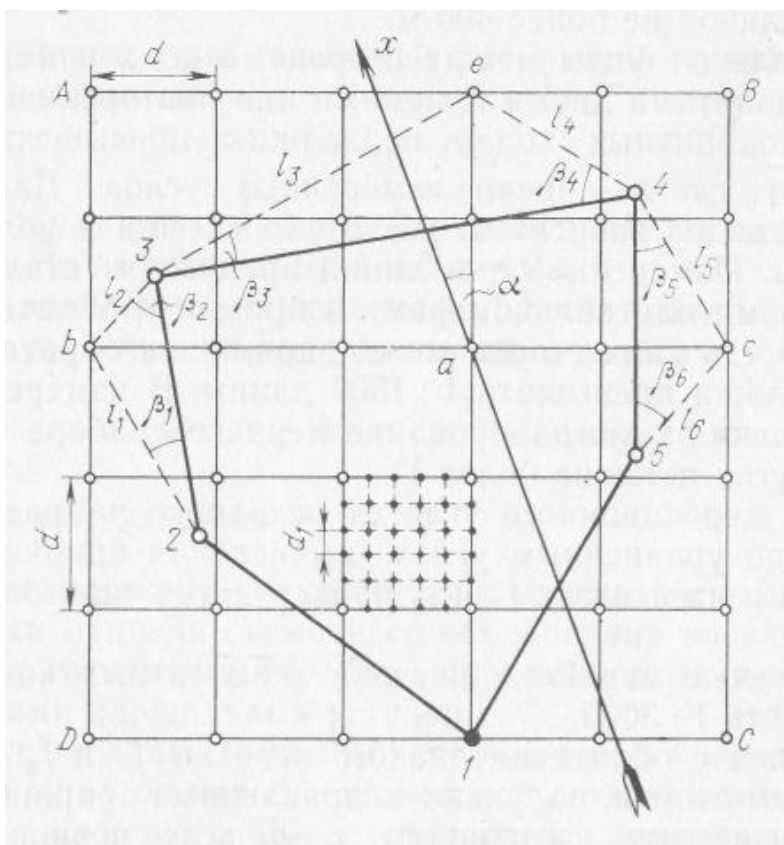


Рис. 1.2. Розбивка експлуатаційної сітки

Перенос точок b , e і c в натуру здійснюється за кутами $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6$ і відстанями l_1, l_2, \dots, l_6 , значення яких визначається розв'язуванням оберненої задачі геодезії за відомими координатами точок $b, e, c, 2, 3, 4$ і 5 .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 8

Для випадку, зображеного на рис. 1.2, дані величини можуть бути знайдені за формулами:

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \alpha_{2-3} - \alpha_{2-b}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{2-3} = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{2-b} = \frac{y_b - y_2}{x_b - x_2}; \\ \beta_2 &= \alpha_{3-b} - \alpha_{3-2}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{3-b} = \frac{y_b - y_3}{x_b - x_3}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{3-2} = \frac{y_2 - y_3}{x_2 - x_3}; \\ \beta_3 &= \alpha_{3-4} - \alpha_{3-e}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{3-4} = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{3-e} = \frac{y_e - y_3}{x_e - x_3}; \\ \beta_4 &= \alpha_{4-e} - \alpha_{4-3}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{4-e} = \frac{y_e - y_4}{x_e - x_4}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{4-3} = \frac{y_3 - y_4}{x_3 - x_4}; \\ \beta_5 &= \alpha_{4-5} - \alpha_{4-c}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{4-5} = \frac{y_5 - y_4}{x_5 - x_4}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{4-c} = \frac{y_c - y_4}{x_c - x_4}; \\ \beta_6 &= \alpha_{5-c} - \alpha_{5-4}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{5-c} = \frac{y_c - y_5}{x_c - x_5}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{5-4} = \frac{y_4 - y_5}{x_4 - x_5}; \\ I_1 &= \sqrt{(x_2 - x_b)^2 + (y_2 - y_b)^2}; & I_2 &= \sqrt{(x_b - x_3)^2 + (y_b - y_3)^2}; \\ I_3 &= \sqrt{(x_3 - x_e)^2 + (y_3 - y_e)^2}; & I_4 &= \sqrt{(x_e - x_4)^2 + (y_e - y_4)^2}; \\ I_5 &= \sqrt{(x_4 - x_c)^2 + (y_4 - y_c)^2}; & I_6 &= \sqrt{(x_c - x_5)^2 + (y_c - y_5)^2}. \end{aligned}$$

Визначивши в натурі положення точок b , e і c , за допомогою двох теодолітів відмічають і закріплюють вершини A , B , C , D основної сітки.

Розбивка квадратів експлуатаційної сітки

Якщо граничні сторони або головні осі експлуатаційної сітки розбиті і закріплені, тоді розбивку основних і заповнюючих квадратів або прямокутників всередині контуру полігона або прямокутника здійснюють за допомогою візирних променів, що перетинаються, двох добре вивірених теодолітів, що встановлені в пунктах, розташованих на раніше розбитих осевих напрямках через d_0 , $2d_0$, $3d_0$, ..., nd_0 вершин квадратів. Визначення першого центра вершини квадрату на відстані 50 – 100 м або 700 – 800 м проводиться тільки в результаті візування теодолітів при двох положеннях труби.

Далі, направляючи візирні осі теодолітів через отриманий центр,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 9</i>

розбивку здійснюють при одному положенні труби.

Нумерацію пунктів сітки виконують одним з наведених нижче способів:

- одна з осей сітки, направлена паралельно фронту гірничих робіт кар'єра, нумерується порядковими арабськими цифрами 1, 2, 3... і т.д., а профільні лінії, направлені в хрест простягання фронту гірничих робіт, – порядковими римськими цифрами I, II, III, ... і т. д.;
- лінії, направлені по простягання гірничих робіт, нумеруються непарними цифрами 1, 3, 5 і т.д., а профільні – парними 2, 4, 6 і т.д.;
- основні стометрові або двохсотметрові квадрати сітки позначаються прописними буквами або римськими цифрами, лінії ж, що заповнюють квадрати чи прямокутники – арабськими цифрами.

Після розбивки сітки обчислюють планові координати пунктів. Висотні відмітки пунктів визначають геометричним нівелюванням IV класу або технічним від реперів основної нівелірної мережі кар'єра. Нівелювання виконується замкнутим нівелірними ходами або по квадратах з одночасним врівноважуванням перевищень. Нев'язка в перевищеннях по замкнутих ходах не повинна перевищувати $\pm 20\sqrt{L}$, L – довжина ходу (периметр полігону), км.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 10

Обчислені координати (x , y , z) пунктів сітки заносять до особливого каталогу, на всю площу сітки складається план-схема в масштабі 1:2 000.

Варіанти індивідуальних завдань

На території кар'єрного поля необхідно розбити геометричну основу у вигляді експлуатаційної сітки. Для цього на місцевості, за межами території гірничих робіт був прокладений теодолітний хід 1-2-3-4-5-1. За результатами камеральної обробки були отримані такі координати вершин теодолітного ходу:

Точка	X	Y
1	4 523,130 + 100 n	3 722,450 + 100 n
2	4 649,273 + 100 n	3 591,979 + 100 n
3	4 868,475 + 100 n	3 575,416 + 100 n
4	4 963,175 + 100 n	3 790,075 + 100 n
5	4 741,987 + 100 n	3 971,607 + 100 n

Примітки: n – остання цифра залікової книжки.

Необхідно графічно запроєктувати експлуатаційну сітку на ділянці розміром 500×500 м, в районі прокладеного теодолітного ходу за заданим напрямком α основних осей сітки, в масштабі 1:2 000 та визначити (див. рис. 1):

- координати точок a , e , b і c ;
- координати точок A , B , C , D ;
- кути $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6$;
- відстані l_1, l_2, \dots, l_6 .

Завдання для розрахункової роботи вибираються згідно індивідуального варіанту (табл. 1.1), який видається викладачем.

Таблиця 1.1

Варіанти для ГГ-27, ГГ-29,	Кут α		розміри квадратів	Варіанти для ГГ-28, ГГ-30,	Кут α		розміри квадратів
	°	'			°	'	

ГГ-31, ГГ-33, ГГ-35, ГГ-37				ГГ-32, ГГ-34, ГГ-36, ГГ-38			
1	12	46	100×100	1	175	24	100×100
2	19	24	100×100	2	181	20	100×100
3	25	16	100×100	3	188	26	100×100
4	32	48	100×100	4	194	27	100×100
5	38	54	100×100	5	201	7	100×100

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015					Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023	
	Екземпляр № 1					Арк 50 / 11	

6	45	2	100×100	6	207	6	100×100
7	51	12	100×100	7	214	10	100×100
8	58	18	100×100	8	220	19	100×100
9	64	56	100×100	9	227	35	100×100
10	71	48	100×100	10	233	28	100×100
11	77	47	100×100	11	240	56	100×100
12	84	35	100×100	12	246	12	100×100
13	90	24	100×100	13	253	48	100×100
14	97	3	100×100	14	259	50	100×100
15	103	2	100×100	15	266	32	100×100
16	110	0	100×100	16	272	39	100×100
17	116	55	100×100	17	279	46	100×100
18	123	25	100×100	18	285	10	100×100
19	129	14	100×100	19	292	8	100×100
20	136	18	100×100	20	298	29	100×100
21	142	36	100×100	21	305	17	100×100
22	149	37	100×100	22	311	53	100×100
23	155	39	100×100	23	318	19	100×100
24	162	40	100×100	24	324	26	100×100
25	168	35	100×100	25	331	34	100×100

Перелік питань для самоконтролю

1. Назвіть основні способи створення і розвитку мереж зйомочної основи.
2. Опишіть порядок розбиття експлуатаційної сітки.
3. Назвіть основні переваги і недоліки способу експлуатаційної сітки.
4. У яких умовах доцільно використовувати спосіб експлуатаційної сітки?
 5. Навіщо визначаються розбивочні кути і сторони між пунктами теодолітного ходу і точками *a, b, e* і *c*?
 6. Опишіть порядок визначення розбивочних кутів і сторін між пунктами теодолітного ходу і точками *a, b, e* і *c*?
 7. Опишіть порядок винесення точок *a, b, e* і *c*. Навіщо вони потрібні?
 8. Опишіть способи нумерації пунктів сітки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 12

Практичне заняття №2

ЗАКЛАДЕННЯ ПУНКТІВ ОПОРНОЇ МЕРЕЖІ ПРОКЛАДЕННЯМ ТЕОДОЛІТНОГО ХОДУ (ПОЛІГОМЕТРІЯ І РОЗРЯДУ)

Мета: Розглянути створення і розвиток опорних мереж на кар'єрі прокладенням теодолітного ходу та використання способу А.І. Дурнева при цьому.

Завдання: Засвоїти теоретичний матеріал з побудови маркшейдерських опорних мереж прокладенням теодолітного ходу. Розглянути спосіб визначення довжин ліній бічними засічками. Виконати розрахунок координат пунктів опорної мережі згідно індивідуального завдання.

Короткі теоретичні відомості

Якщо при створенні опорної мережі пункти знаходяться по різні боки водного потоку або робочі майданчики уступів кар'єру чи порідних відвалів незручні для безпосереднього вимірювання відстаней по ґрунту і відсутні далекомірні прилади, то при проведенні теодолітних ходів використовують спосіб визначення довжин ліній бічними засічками, розроблений проф. А.І. Дурневим.

Для цього вздовж робочого майданчика уступу між двома опорними пунктами A і B на відстані 200-300 м один від одного, як в звичайних теодолітних ходах, проектують і закріплюють зйомочні пункти a, b, c, \dots, n (рис. 2.1). Одночасно на протилежному борту кар'єру або внутрішніх породних відвалах вибирають допоміжні точки M, N, P , на яких встановлюють візирні знаки. Бажано, щоб одна з допоміжних точок (наприклад, точка M) була опорним пунктом.

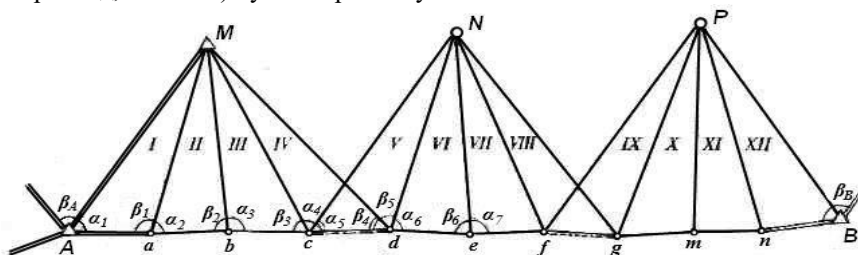


Рис.2.1. Непрямий спосіб визначення довжин ліній полігону (за А.І. Дурневим)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 13

За допомогою теодоліта в пунктах A, a, b, c, \dots, n і B вимірюють горизонтальні кути β_A, α_1 і β_1, α_2 і β_2, \dots, α_n і β_n, β_B , а також сталевою стрічкою або рулеткою довжину першої сторони ходу – Aa , а для контролю довжину nB .

При рішенні першого трикутника AMa першого пучка напрямів (якщо в ньому відома сторона MA) довжина

$$Aa = MA \frac{\sin(\alpha_1 + \beta_1)}{\sin \beta_1} \text{ і } Ma = MA \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1}.$$

Якщо ж довжина сторони MA невідома, але виміряна довжина лінії Aa , то визначають зв'язуючу сторону трикутників Ma :

$$Ma = Aa \frac{\sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)}.$$

Визначивши довжину лінії Ma трикутника AMa , обчислюють сторони ab і Mb трикутника Mab :

$$ab = Ma \frac{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}{\sin \beta_2} \text{ і } Mb = Ma \frac{\sin \alpha_2}{\sin \beta_2}.$$

Визначивши довжини ab і Mb , тими ж прийомами обчислюють сторони bc і Mc, cd і Md і т.д. Сторона cd полігону 1-го пучка напрямів є зв'язуючою – базисом для розв'язку трикутника cdN 2-го пучка напрямів, а сторона fg базисом для вирішення трикутника fgP 3-го пучка допоміжної точки P .

Щоб уникнути зайвих втрат точності геометричного зв'язку при рішенні бічних засічок ходу кути α і β в окремих трикутниках не слід допускати меншими за 30° і більшими за 150° , а кути при допоміжних точках M, N, P меншими за $10-15^\circ$. Також необхідно результати обчисленої останньої довжини nB ходу порівняти з безпосередньо вимірним.

Варіанти індивідуальних завдань

При розширенні опорної мережі при закладенні підхідних пунктів $2n, 4n, 7n$ було прокладено теодолітний хід $A-1-2-3-4-5-6-7-8-B$ (полігонометрія 1

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 14

розряду), виміряні кути і відстані сторін наведені у табл. 2.1. Дві сторони було неможливо виміряти, тому були виміряні кути в додаткових трикутниках, що опираються на допоміжну точку M (табл. 2.2). Координати опорних пунктів A та B , а також початкові напрями (дирекційні кути сторін AC та BD) наведені в таблиці 2.3. Визначити координати підхідних пунктів $2n$, $4n$, $7n$ та скласти план теодолітного ходу.

Таблиця 2.1

Лівий по ходу кут	° ' "			Лівий по ходу кут	° ' "			Довжина сторони	м		Довжина сторони	м	
	°	'	"		°	'	"		м	м		м	м
β_{CA1}	161	14	58	β_{456}	183	44	12	S_{A1}	278,891		S_{56}	330,970	
β_{A12}	172	01	48	β_{567}	180	39	13	S_{12}	269,006		S_{67}	291,850	
β_{123}	194	14	47	β_{678}	159	43	36	S_{23}	260,015		S_{78}	265,009	
β_{234}	196	44	50	β_{78B}	184	04	44				S_{8B}	305,991	
β_{345}	186	22	05	β_{8BD}	160	36	43						

Таблиця 2.2

№ варіанту*	δ_{M23}			δ_{M34}			δ_{M45}			δ_{M54}			Кут**
	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	
0	42	25	39	81	45	35	117	20	20	38	50	50	л
1	68	9	55	81	15	4	102	25	44	49	31	49	п
2	75	16	45	80	18	19	94	2	54	61	57	35	п
3	41	45	34	42	22	2	57	30	6	77	52	59	п
4	95	10	46	103	9	44	115	43	24	45	52	5	п
5	82	8	6	86	55	37	99	31	14	58	53	27	п
6	61	51	29	63	49	44	76	41	17	75	21	10	п
7	52	31	49	85	57	43	110	56	24	50	8	11	л
8	55	53	52	94	17	8	122	6	15	39	49	32	л
9	54	16	19	89	57	45	116	21	45	44	59	10	л

Примітки. * варіант відповідає передостанній цифрі залікової книжки
** літера "л" означає, що дані кути – праві, "п" – ліві.

Таблиця 2.3

№ варіанту*	α_{AC}			α_{BD}			X_A	Y_A	X_B	Y_B
	°	'	"	°	'	"				
0	251	48	46	51	15	53	487,219	224,594	1320,160	2555,600
1	305	55	30	105	22	37	-312,780	-275,406	-1712,952	1765,905
2	171	54	12	331	21	19	-27,781	74,590	2413,310	-337,102
3	113	27	56	272	55	3	72,219	2324,594	999,153	29,110

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015								Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023	
	Екземпляр № 1								Арк 50 / 15	

4	326	40	55	126	8	2	-27,781	-75,406	-2060,489	1337,023
5	244	8	51	43	35	58	199,144	616,938	1335,670	2816,200
6	300	2	11	99	29	33	605,380	1882,535	-578,186	4056,492
7	349	35	4	149	2	11	605,171	258,128	-1817,270	768,257
8	253	20	18	52	47	25	865,728	396,165	1636,380	2748,720
9	240	58	54	40	26	0	777,812	479,030	2034,060	2612,170

Примітка: * варіант відповідає останній цифрі залікової книжки.

Перелік питань для самоконтролю

1. Опишіть сутність і порядок виконання вимірювання довжин бічними засічками.
2. Які ви знаєте види теодолітних ходів?
3. Наведіть порядок вирахування координат точок теодолітного ходу.
4. Як розподіляються поправки у кутах та приростах координат?
5. Як визначаються координати точок?
6. Чим відрізняється відносна похибка визначення координат від абсолютної похибки?
7. Дайте визначення термінам: румб, дирекційний кут.
8. Який існує взаємозв'язок між румбами і дирекційними кутами для різних четвертей?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 16

3. Розрахунково-графічна робота №3

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПУНКТУ ОБЕРНЕНОЮ ГЕОДЕЗИЧНОЮ ЗАСІЧКОЮ

Мета: Розглянути порядок визначення координат пункту оберненою геодезичною засічкою різними методами.

Завдання: Засвоїти теоретичний матеріал з порядку розвитку зйомочного обґрунтування встановленням пунктів оберненою засічкою. Розглянути основні методи визначення координат точок оберненою геодезичною засічкою. Виконати розрахунок координат пункту згідно індивідуального завдання.

Варіанти індивідуальних завдань

На кар'єрі для розвитку зйомочної основи від пунктів опорної маркшейдерської мережі (п.1, п.2, п.3, п.4) методом оберненої засічки потрібно вставити пункт *P*. За відомими координатами точок опорної мережі (табл. 3.1) та вимірними кутами (табл. 3.2) виконати розрахунок похибки положення пункту *P* (місце наближено визначається за даними відстаней табл. 3.3), вибрати вихідні пункти для оберненої засічки, обчислити координати пункту *P* для двох варіантів різними методами та визначити точність оберненої геодезичної засічки. Середня квадратична похибка вимірювання кутів 15".

Таблиця 3.1

Кординати, м	Остання цифра залікової книжки				
	0, 5	1, 6	2, 7	3, 8	4, 9
X ₁	73,049 + 100 <i>n</i>	73,049 + 100 <i>n</i>	297,495 + 100 <i>n</i>	297,495 + 100 <i>n</i>	297,495 + 100 <i>n</i>
Y ₁	77,655 + 100 <i>n</i>	77,655 + 100 <i>n</i>	120,489 + 100 <i>n</i>	120,489 + 100 <i>n</i>	120,489 + 100 <i>n</i>
X ₂	-187,771 + 100 <i>n</i>	-138,771 + 100 <i>n</i>	-138,771 + 100 <i>n</i>	-138,771 + 100 <i>n</i>	27,956 + 100 <i>n</i>
Y ₂	962,343 + 100 <i>n</i>	733,343 + 100 <i>n</i>	733,343 + 100 <i>n</i>	733,343 + 100 <i>n</i>	733,34 + 100 <i>n</i>
X ₃	309,895 + 100 <i>n</i>	309,895 + 100 <i>n</i>	364,511 + 100 <i>n</i>	364,511 + 100 <i>n</i>	364,511 + 100 <i>n</i>
Y ₃	1395,554 + 100 <i>n</i>	1395,554 + 100 <i>n</i>	1149,938 + 100 <i>n</i>	1149,938 + 100 <i>n</i>	1149,938 + 100 <i>n</i>
X ₄	438,496 + 100 <i>n</i>	544,496 + 100 <i>n</i>	544,496 + 100 <i>n</i>	544,496 + 100 <i>n</i>	367,013 + 100 <i>n</i>
Y ₄	2353,429 + 100 <i>n</i>	2042,43 + 100 <i>n</i>	2042,43 + 100 <i>n</i>	2042,43 + 100 <i>n</i>	1704,821 + 100 <i>n</i>

Примітка: *n* – передостання цифра залікової книжки студента.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 17

Таблиця 3.2

Остання цифра залікової книжки	Кут, ° ' "	Передостання цифра залікової книжки					
		0	1	2	3	4	
		0, 5	β _{1P2}	50 01 17	44 42 28	44 09 00	45 58 18
	β _{2P3}	35 38 49	29 59 17	30 34 20	33 30 21	27 02 52	
	β _{3P4}	24 41 31	18 19 45	23 59 03	30 13 47	36 53 49	
1, 6	β _{1P2}	44 30 06	38 15 24	38 17 18	40 06 09	33 08 14	
	β _{2P3}	49 54 02	38 47 42	42 28 36	49 42 48	43 09 55	
	β _{3P4}	20 42 31	15 56 10	20 23 32	25 17 02	31 28 49	
2, 7	β _{1P2}	52 27 8	39 12 33	42 44 20	47 36 10	39 15 35	
	β _{2P3}	43 49 14	35 26 51	36 19 06	40 10 04	29 45 15	
	β _{3P4}	26 47 18	19 17 01	26 33 02	34 49 46	44 53 29	
3, 8	β _{1P2}	48 20 17	47 47 03	39 43 53	44 25 55	42 03 29	
	β _{2P3}	40 32 44	39 51 12	34 00 07	36 51 15	34 55 43	
	β _{3P4}	28 17 20	22 18 53	27 23 05	35 40 33	32 47 32	
4, 9	β _{1P2}	50 10 50	51 16 23	41 45 52	44 43 01	42 57 06	
	β _{2P3}	38 42 11	36 21 52	31 58 09	36 34 08	34 02 06	
	β _{3P4}	16 10 57	11 57 39	15 28 43	21 23 00	19 15 14	

Продовження таблиці 3.2

Остання цифра залікової книжки	Кут, ° ' "	Передостання цифра залікової книжки					
		5	6	7	8	9	
		0, 5	β _{1P2}	34 31 10	38 18 09	33 14 06	31 24 21
	β _{2P3}	21 46 41	25 59 07	19 09 14	15 23 36	12 29 13	
	β _{3P4}	40 06 04	45 26 55	48 54 32	57 21 56	52 50 25	
1, 6	β _{1P2}	28 38 24	31 54 14	27 08 17	25 11 22	22 53 07	
	β _{2P3}	36 28 18	44 57 15	35 11 32	31 23 40	25 36 28	
	β _{3P4}	34 41 23	39 20 45	43 26 22	52 40 09	47 21 05	
2, 7	β _{1P2}	33 53 43	38 56 15	33 06 31	31 25 57	28 18 02	
	β _{2P3}	22 06 09	26 13 22	16 53 04	10 33 30	8 33 38	
	β _{3P4}	49 03 33	58 4 35	61 44 51	73 30 19	64 23 55	
3, 8	β _{1P2}	36 42 10	44 34 31	37 41 21	50 14 53	42 24 30	
	β _{2P3}	28 28 13	36 34 07	26 36 10	44 08 05	33 11 46	
	β _{3P4}	38 51 59	41 23 43	49 57 26	40 16 54	47 05 54	
4, 9	β _{1P2}	36 27 56	43 47 39	35 55 01	49 06 30	40 50 38	
	β _{2P3}	28 42 27	37 20 59	28 22 30	45 16 29	34 45 38	
	β _{3P4}	23 09 42	25 33 54	30 48 39	25 14 00	29 32 39	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 18

Таблиця 3.3

	Відстань, км	Передостання цифра залікової книжки										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Остання цифра залікової книжки	0, 5	l _{1P}	1	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,5	1,7	1,8	1,9
		l _{2P}	1,1	1,3	1,3	1,2	1,3	1,5	1,3	1,4	1,4	1,6
		l _{3P}	0,9	1,2	1,1	0,9	0,9	1	0,8	0,9	0,8	1
		l _{4P}	1,7	2,0	1,9	1,6	1,5	1,5	1,3	1,3	1,1	1,2
	1, 6	l _{1P}	0,9	0,8	1	1	1,2	1,4	1,3	1,5	1,6	1,7
		l _{2P}	1	1,1	1,1	1	1,2	1,3	1,1	1,3	1,3	1,5
		l _{3P}	1	1,3	1,1	0,9	0,9	0,9	0,7	0,8	0,7	0,9
		l _{4P}	1,5	1,8	1,6	1,4	1,2	1,2	1,1	1	0,8	0,9
	2, 7	l _{1P}	0,7	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,1	1,3	1,4	1,6
		l _{2P}	0,9	1,1	1,1	1	1,2	1,3	1,1	1,3	1,3	1,5
		l _{3P}	0,7	1,0	0,9	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8
		l _{4P}	1,5	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,8	0,9
	3, 8	l _{1P}	0,7	0,6	0,8	0,9	0,9	1	0,9	1,1	0,8	1
		l _{2P}	1	1,0	1,2	1,1	1,1	1,3	1	1,2	0,9	1,1
		l _{3P}	0,8	0,9	0,9	0,7	0,8	0,8	0,6	0,7	0,5	0,6
		l _{4P}	1,5	1,6	1,6	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2
4, 9	l _{1P}	0,7	0,6	0,8	0,9	0,9	1	0,9	1,1	0,8	1	
	l _{2P}	0,8	0,9	1	1	1	1,1	0,9	1	0,8	0,9	
	l _{3P}	0,8	0,9	0,9	0,7	0,8	0,8	0,6	0,7	0,5	0,6	
	l _{4P}	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1	1	0,9	1	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 19

Короткі теоретичні відомості

Вибір вихідних пунктів для оберненої геодезичної засічки.

Для розрахунку використовують зведений план кар'єру у найбільш дрібному масштабі (наприклад, 1:5000). На плані відмічають можливе положення пункту Р, що визначається, і проводять напрями на вихідні пункти, які видно з нього (рис. 3.1). На плані вимірюють кути φ та ψ з точністю до 1° , довжини сторін з точністю до 0,1 км. З можливих варіантів обернених засічок вибирають ті, у яких сума $\varphi + \psi$ відрізняються від 0° чи 180° не менше ніж на 30° .

По кожному з варіантів засічки (рис. 3.2) передрозраховують середню квадратичну похибку положення пункту, що визначається:

$$m_P = \frac{m \cdot l}{206 \cdot \sin(\varphi + \psi)} \sqrt{\left(\frac{l_{1-P}}{l_{1-2}}\right)^2 + \left(\frac{l_{3-P}}{l_{2-3}}\right)^2}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 20

де m_β – середня квадратична похибка вимірювання кутів β_1 та β_2 ;
 l – довжини відповідних сторін, км.

Значення $\sin(\varphi + \psi)$ округлюють до другої значущої цифри.

Для визначення пункту P вибирають два варіанти засічки, для яких похибки m_P не перевищують 0,3 мм на плані.

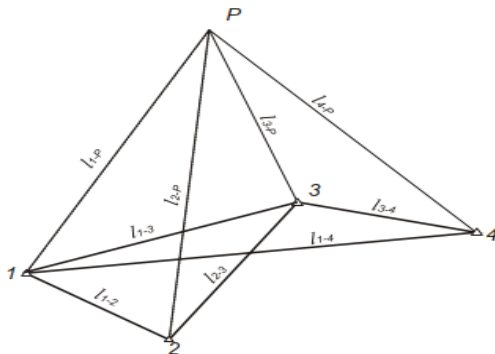


Рис. 3.1. Варіанти оберненої геодезичної засічки

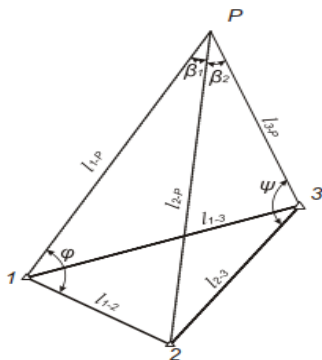


Рис. 3.2. До розрахунку похибки положення пункту

Розрахунок зручно виконувати у спеціальній формі (форма 3.1)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 21

Форма 3.1

Похибка варіантів оберненої геодезичної засічки

Відстань від пункту, що визначається, до початкового пункту, км	Варіанти			
	I 1, 2, 3	II 2, 3, 4	III 1, 2, 4	IV 1, 3, 4
лівого				
середнього				
правого				
Відстань між початковими пунктами, км				
лівим і середнім				
середнім і правим				
Кут між початковими пунктами				
середній – лівий – правий (γ_1)				
середній – правий – лівий (γ_2)				
$180-\beta$				
Сума кутів $\psi+\varphi=(180-\beta\pm(\gamma_1+\gamma_2))$				
$\sin(\psi+\varphi)$				
Середня квадратична похибка положення пункту P, мр, м				

$$m_p = \frac{m \cdot l}{\beta \cdot 206 \cdot \sin(\varphi + \psi)} \sqrt{\left(\frac{l_{1-P}}{l_{1-2}}\right)^2 + \left(\frac{l_{3-P}}{l_{2-3}}\right)^2} =$$

$$m_p = \frac{m \cdot l}{\beta \cdot 206 \cdot \sin(\varphi + \psi)} \sqrt{\left(\frac{l_{2-P}}{l_{2-3}}\right)^2 + \left(\frac{l_{4-P}}{l_{3-4}}\right)^2} =$$

$$m_p = \frac{m_\beta \cdot l_{2-P}}{206 \cdot \sin(\varphi + \psi)} \sqrt{\left(\frac{l_{1-P}}{l_{1-2}}\right)^2 + \left(\frac{l_{4-P}}{l_{2-4}}\right)^2} =$$

$$m_p = \frac{m_\beta \cdot l_{3-P}}{206 \cdot \sin(\varphi + \psi)} \sqrt{\left(\frac{l_{1-P}}{l_{1-3}}\right)^2 + \left(\frac{l_{4-P}}{l_{3-4}}\right)^2} =$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 22

Розв'язок оберненої геодезичної засічки (запропонований Інструкцією)

Кути γ_1 та γ_2 можна визначити з трикутника $\Delta I23$ (рис. 3.3), координати вершин якого відомі, за різницею дирекційних кутів його сторін або за теоремою косинусів. Тоді сума кутів

$$\delta = (\varphi + \psi) = 180 - (\beta_1 + \beta_2) \pm (\gamma_1 + \gamma_2), \text{ град.}$$

Знак “+” приймається у тому випадку, коли середня вихідна точка 2 розташована з протилежного боку відносно лінії 1–3 відносно шуканого пункту P, знак “-” – тоді, коли точка 2 розташована з одного боку з пунктом P відносно лінії 1–3.

Розглянемо трикутники $\Delta I2P$ та $\Delta I3P$. За теоремою синусів в них

$$d = l_{2-P} = \frac{\sin \varphi}{\sin \beta_1} l_{1-2} = \frac{\sin \psi}{\sin \beta_2} l_{2-3}$$

Отримаємо систему з двох рівнянь з двома невідомими:

$$\begin{cases} \varphi = \delta - \psi \\ \sin \varphi = \sin \psi \cdot \frac{l_{2-3}}{l_{1-2}} \cdot \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2} \end{cases}$$

Введемо заміну $g = \frac{l_{2-3}}{l_{1-2}} \cdot \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2}$ і розв'яжемо систему рівнянь.

$$\sin \varphi = g \cdot \sin(\delta - \psi), \quad \sin \varphi = g \cdot \sin \delta \cdot \cos \varphi - g \cdot \cos \delta \cdot \sin \varphi,$$

$$\sin \varphi \cdot (1 + g \cdot \cos \delta) = g \cdot \sin \delta \cdot \cos \varphi, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{g \cdot \sin \delta}{1 + g \cdot \cos \delta}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{g \cdot \sin \delta}{1 + g \cdot \cos \delta} \right), \quad \psi = \delta - \varphi$$

Знайдемо відстань $d = l_{2-P} = \frac{\sin \varphi}{\sin \beta_1} l_{1-2} = \frac{\sin \psi}{\sin \beta_2} l_{2-3}$ та дирекційні кути сторін 2–1 та 2–3, що дозволить визначити дирекційний кут сторони 2–P:

$$\alpha_{2-P} = \alpha_{2-1} + (180^\circ - \varphi - \beta_1) \text{ або } \alpha_{2-P} = \alpha_{2-3} - (180^\circ - \psi - \beta_2),$$

та координати точки P:

$$X_P = X_2 + d \cdot \cos \alpha_{2-P}, \quad Y_P = Y_2 + d \cdot \sin \alpha_{2-P}$$

Розрахунок зручно виконувати у спеціальній формі (форма 3.2)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 23

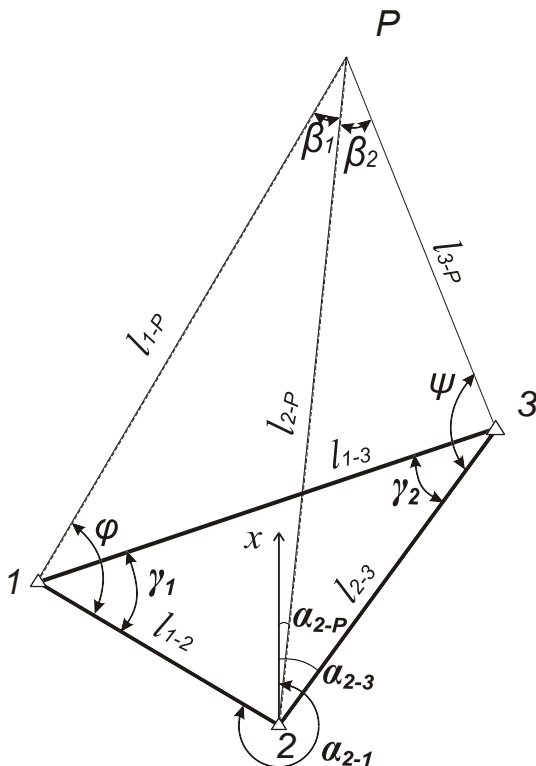


Рис. 3.3. До розрахунку положення пункту оберненою засічкою

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 24

Форма 3.2

Розв'язок оберненої геодезичної засічки

Вихідні пункти	X	Y
1 ()		
2 ()		
3 ()		
l_{1-2}		—
l_{2-3}		—
Кут між початковими пунктами		—
— середній – лівий – правий (γ_1)		—
— середній – правий – лівий (γ_2)		—
$180 - (\beta_1 + \beta_2)$		—
$\delta = \psi + \varphi = 180 - (\beta_1 + \beta_2) \pm (\gamma_1 + \gamma_2)$		—
g		—
β_1		—
β_2		—
φ		—
ψ		—
d		—
Дир. кут між серед. і лівою точками, α_{21}		—
Дир. кут між серед. і правою точками, α_{23}		—
Дир. кут між серед. і шуканою точками, α_{2p}		—
X_p		
Y_p		

Формули:

$$g = \frac{l_{2-3} \cdot \sin \beta_1}{\sin \beta_2} =$$

$$\varphi = \arctg \left(\frac{g \cdot \sin \delta}{1 + g \cdot \cos \delta} \right) =$$

$$\psi = \delta - \varphi =$$

$$d = l_{2-p} = \frac{\sin \varphi}{\sin \beta_1} l_{1-2} =$$

$$d = l_{2-p} = \frac{\sin \psi}{\sin \beta_2} l_{2-3} =$$

$$\alpha_{2-p} = \alpha_{2-1} + (180^\circ - \varphi - \beta_1) =$$

$$\alpha_{2-p} = \alpha_{2-3} - (180^\circ - \psi - \beta_2) =$$

$$X_p = X_2 + d \cdot \cos \alpha_{2-p} =$$

$$Y_p = Y_2 + d \cdot \sin \alpha_{2-p} =$$

Контроль: $X_p = X_2 + d \cdot \cos \alpha_{2-p} =$

$$Y_p = Y_2 + d \cdot \sin \alpha_{2-p} =$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 25

Розв'язок оберненої засічки (спосіб Кнейселя)

Прирости координат можна представити у вигляді:

$$\Delta X_{P1} = X_1 - X_P; \quad \Delta Y_{P1} = Y_1 - Y_P;$$

$$\Delta X_{P2} = X_2 - X_P; \quad \Delta Y_{P2} = Y_2 - Y_P;$$

$$\Delta X_{P3} = X_3 - X_P; \quad \Delta Y_{P3} = Y_3 - Y_P.$$

Дирекційні кути сторін **P1**, **P2**, **P3** відповідно (рис. 7.3.4)

$$\operatorname{tg} \alpha_{P1} = \frac{\Delta Y_{P1}}{\Delta X_{P1}}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{P2} = \frac{\Delta Y_{P2}}{\Delta X_{P2}}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{P3} = \frac{\Delta Y_{P3}}{\Delta X_{P3}}.$$

З рисунка видно, що $\gamma = \beta_1 + \beta_2 = \alpha_{P1} - \alpha_{P3}$, $\beta_1 = \alpha_{P1} - \alpha_{P2}$

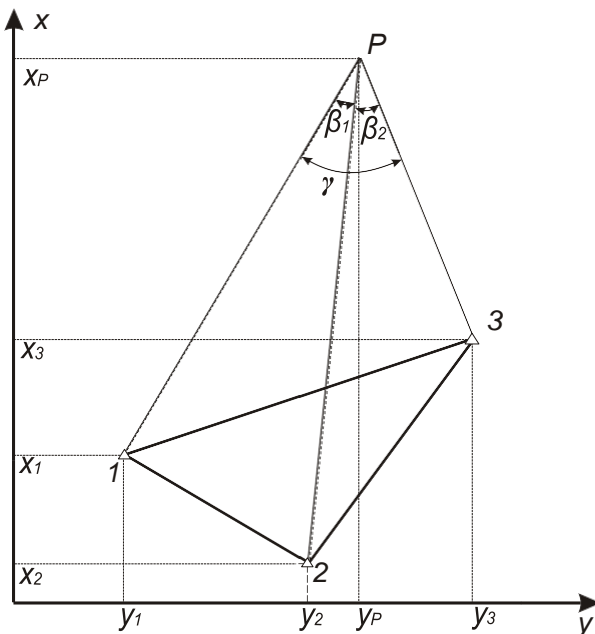


Рис. 3.4. До розрахунку положення пункту оберненою засічкою (спосіб Кнейселя)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50/26

Складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{p1} - \operatorname{tg} \alpha_{p3}}{1 + \operatorname{tg} \alpha_{p1} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{p3}}; \\ \operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{p1} - \operatorname{tg} \alpha_{p2}}{1 + \operatorname{tg} \alpha_{p1} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{p2}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \gamma = \frac{\frac{\Delta Y_{p1}}{\Delta X_{p1}} - \frac{\Delta Y_{p3}}{\Delta X_{p3}}}{1 + \frac{\Delta Y_{p1}}{\Delta X_{p1}} \cdot \frac{\Delta Y_{p3}}{\Delta X_{p3}}}; \\ \operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\frac{\Delta Y_{p1}}{\Delta X_{p1}} - \frac{\Delta Y_{p2}}{\Delta X_{p2}}}{1 + \frac{\Delta Y_{p1}}{\Delta X_{p1}} \cdot \frac{\Delta Y_{p2}}{\Delta X_{p2}}} \end{cases}; \begin{cases} \operatorname{tg} \gamma = \frac{\Delta Y_{p1} \cdot \Delta X_{p3} - \Delta Y_{p3} \cdot \Delta X_{p1}}{\Delta X_{p1} \cdot \Delta X_{p3} + \Delta Y_{p1} \cdot \Delta Y_{p3}}; \\ \operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\Delta Y_{p1} \cdot \Delta X_{p2} - \Delta Y_{p2} \cdot \Delta X_{p1}}{\Delta X_{p1} \cdot \Delta X_{p2} + \Delta Y_{p1} \cdot \Delta Y_{p2}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_{p1} \cdot \Delta X_{p3} + \Delta Y_{p1} \cdot \Delta Y_{p3} = \operatorname{ctg} \gamma \cdot (\Delta Y_{p1} \cdot \Delta X_{p3} - \Delta Y_{p3} \cdot \Delta X_{p1}) \\ \Delta X_{p1} \cdot \Delta X_{p2} + \Delta Y_{p1} \cdot \Delta Y_{p2} = \operatorname{ctg} \beta_1 \cdot (\Delta Y_{p1} \cdot \Delta X_{p2} - \Delta Y_{p2} \cdot \Delta X_{p1}) \end{cases}$$

Для виключення з рівнянь ΔX_{p2} , ΔY_{p2} , ΔX_{p3} та ΔY_{p3} введемо заміну
 $\Delta X_{p2} = X_2 - X_p + X_1 - X_1 = X_2 - X_1 + \Delta X_{p1}$; $\Delta Y_{p2} = Y_2 - Y_1 + \Delta Y_{p1}$

$$\Delta X_{p3} = X_3 - X_1 + \Delta X_{p1}; \quad \Delta Y_{p3} = Y_3 - Y_1 + \Delta Y_{p1}.$$

Підставивши в рівняння ці значення, отримаємо

$$\begin{cases} \Delta X_{p1} \cdot (X_3 - X_1) + \Delta X_{p1}^2 + \Delta Y_{p1} \cdot (Y_3 - Y_1) + \Delta Y_{p1}^2 = \operatorname{ctg} \gamma \cdot (\Delta Y_{p1} \cdot (X_3 - X_1) - \Delta X_{p1} \cdot (Y_3 - Y_1)) \\ \Delta X_{p1} \cdot (X_2 - X_1) + \Delta X_{p1}^2 + \Delta Y_{p1} \cdot (Y_2 - Y_1) + \Delta Y_{p1}^2 = \operatorname{ctg} \beta_1 \cdot (\Delta Y_{p1} \cdot (X_2 - X_1) - \Delta X_{p1} \cdot (Y_2 - Y_1)) \end{cases}$$

Введемо заміну

$$\begin{aligned} k_1 &= (X_3 - X_1) + (Y_3 - Y_1) \cdot \operatorname{ctg} \gamma; & k_2 &= (Y_3 - Y_1) - (X_3 - X_1) \cdot \operatorname{ctg} \gamma; \\ k_3 &= (X_2 - X_1) + (Y_2 - Y_1) \cdot \operatorname{ctg} \beta_1; & k_4 &= (Y_2 - Y_1) - (X_2 - X_1) \cdot \operatorname{ctg} \beta_1. \end{aligned}$$

Тоді система рівнянь отримає вигляд:

$$\begin{cases} \Delta X_{p1}^2 + \Delta Y_{p1}^2 + k_1 \cdot \Delta X_{p1} + k_2 \cdot \Delta Y_{p1} = 0 \\ \Delta X_{p1}^2 + \Delta Y_{p1}^2 + k_3 \cdot \Delta X_{p1} + k_4 \cdot \Delta Y_{p1} = 0 \end{cases}$$

Віднявши від першого рівняння друге, отримаємо

$$\Delta X_{p1} \cdot (k_1 - k_3) + \Delta Y_{p1} \cdot (k_2 - k_4) = 0, \text{ або } \Delta X_{p1} = -\Delta Y_{p1} \cdot \frac{(k_2 - k_4)}{(k_1 - k_3)}.$$

Введемо коефіцієнт $C = -\frac{k_2 - k_4}{k_1 - k_3}$ і підставимо $\Delta X_{p1} = C \cdot \Delta Y_{p1}$ в перше

рівняння, тоді $C^2 \cdot \Delta Y_{p1}^2 + \Delta Y_{p1}^2 + k_1 \cdot C \cdot \Delta Y_{p1} + k_2 \cdot \Delta Y_{p1} = 0$, тобто

$$\Delta Y_{p1} = -\frac{C \cdot k_1 + k_2}{C^2 + 1}.$$

Аналогічно, підставивши $\Delta X_{p1} = C \cdot \Delta Y_{p1}$ в друге рівняння,

$$\Delta Y_{p1} = -\frac{C \cdot k_3 + k_4}{C^2 + 1}.$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 27

Тобто розв'язок системи буде мати вигляд

$$\begin{cases} \Delta Y_{P1} = -\frac{C \cdot k_1 + k_2}{C^2 + 1} = -\frac{C \cdot k_3 + k_4}{C^2 + 1}, \\ \Delta X_{P1} = C \cdot \Delta Y_{P1} \end{cases}$$

А координати пункту **P**

$$X_P = X_1 + \Delta X_{P1}$$

$$Y_P = Y_1 + \Delta Y_{P1}$$

Для перевірки правильності потрібно за вже відомими координатами т. **P** визначити дирекційні кути сторін **P1**, **P2** і **P3** і за їх різницями знайти кути β_1 , β_2 , γ , які повинні відповідати заданим за умовою задачі.

Розрахунок зручно виконувати у спеціальній формі (форма 3.3)

Точність оберненої геодезичної засічки

Критерієм точності обернених геодезичних засічок є так звані зразкові засічки з рівними кутами у 120° , 60° , 45° при пункті, що визначається, і відносно рівними відстанями до твердих пунктів. Точність положення пункту, визначеного оберненою засічкою, обумовлена величиною середньої квадратичної похибки вимірювання кутів при пункті, що визначається, величиною площі інверсійного трикутника, яка залежить від взаємного розташування твердих пунктів відносно пункту, що визначається, а також відстаней від цього пункту до твердих.

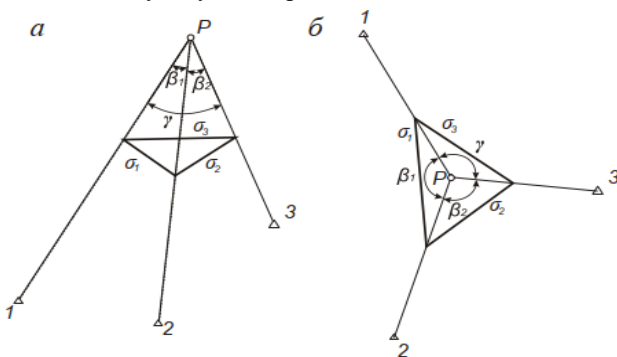


Рис. 3.4. До розрахунку положення пункту оберненою засічкою

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 28

Розв'язок оберненої засічки (спосіб Кнейселя) Форма 3.3

	Вихідні пункти	X		Y
	1 ()			
	2 ()			
	3 ()			
1	$X_2 - X_1$		3	$Y_2 - Y_1$
2	$X_3 - X_1$		4	$Y_3 - Y_1$
5a	β_1		7	$\text{ctg}\beta_1$
5б	β_2			—
6	$\gamma = \beta_1 + \beta_2$		8	$\text{ctg}\gamma$
9	k_1		11	k_2
10	k_3		12	k_4
13	$C = \text{ctg}\alpha_{p1}$			—
16	ΔX_{p1}		14	ΔY_{p1} (через k_1, k_2)
17	ΔX_{p1}		15	ΔY_{p1} (через k_3, k_4)
18	X_p		19	Y_p
перевірка				
20	ΔX_{p2}		22	ΔY_{p2}
21	ΔX_{p3}		23	ΔY_{p3}
24	$\text{tg}\alpha_{p2}$		25	α_{p2}
26	$\text{tg}\alpha_{p3}$		27	α_{p3}
28	$\beta_2 = \alpha_{p2} - \alpha_{p3}$			—

Формули:

$$k_1 = (X_3 - X_1) + (Y_3 - Y_1) \cdot \text{ctg}\gamma =$$

$$k_2 = (Y_3 - Y_1) - (X_3 - X_1) \cdot \text{ctg}\gamma =$$

$$k_3 = (X_2 - X_1) + (Y_2 - Y_1) \cdot \text{ctg}\beta_1 =$$

$$k_4 = (Y_2 - Y_1) - (X_2 - X_1) \cdot \text{ctg}\beta_1 =$$

$$C = -\frac{k_2 - k_4}{k_1 - k_3} =$$

$$\Delta Y_{p1} = -\frac{C \cdot k_1 + k_2}{C^2 + 1} =$$

$$\Delta X_{p1} = C \cdot \Delta Y_{p1} =$$

$$X_p = X_1 + \Delta X_{p1} =$$

$$Y_p = Y_1 + \Delta Y_{p1} =$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 29

$$\begin{aligned}
 & \overset{P_1}{C^2 + 1} \\
 \Delta X_{P_1} &= C \cdot \Delta Y_P = \\
 X_P &= X_1 + \Delta X_{P_1} = \\
 Y_P &= Y_1 + \Delta Y_{P_1} =
 \end{aligned}$$

Похибка положення пункту P , встановленого оберненою геодезичною засічкою, може бути визначена за такою формулою:

$$M_p = \pm \frac{m_\beta^n}{2F} \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_3^2}, \text{ м,}$$

де $m_\beta^n = m_\beta^n \sqrt{2}$ – похибка вимірювання кута;

$2F = q_1 q_2 \sin \beta_1 + q_2 q_3 \sin \beta_2 \pm q_1 q_3 \sin \gamma$ – подвійна площа інверсійного (оберненого) трикутника, $^n/\text{м}^2$, (знак “-” приймається у формулі тоді, коли всі три тверді пункти розташовані з одного боку відносно пункту, що визначається (рис. 3.4, а), а знак “+” тоді, коли пункт, що визначається, знаходиться між твердими пунктами (рис. 3.4, а));

q_1, q_2, q_3 – градієнти напрямів $q_1 = \frac{\rho^n}{l_{1-P}}, q_2 = \frac{\rho^n}{l_{2-P}}, q_3 = \frac{\rho^n}{l_{3-P}};$

$\sigma_1^2 = q_1^2 + q_2^2 - 2q_1 q_2 \cos(\alpha_{P-2} - \alpha_{P-1})$ і $\sigma_3^2 = q_1^2 + q_3^2 + 2q_1 q_3 \cos(\alpha_{P-3} - \alpha_{P-1})$ – суми квадратів градієнтів напрямів з пункту, що визначається, на тверді, $(^n/\text{м})^2;$

$\alpha_{P-1}, \alpha_{P-2}, \alpha_{P-3}$ – дирекційні кути напрямів на тверді пункти.

Якщо пункт, що визначається, лежить на колі, яке проходить через три тверді пункти, то площа інверсійного трикутника цієї фігури рівна нулю, а $M_p = \infty$. Таке положення точок називається небезпечним колом.

Приклад розв’язку

На кар’єрі для розвитку зйомочної основи від пунктів опорної маркшейдерської мережі (п.1, п.2, п.3, п.4) методом оберненої засічки потрібно вставити пункт P . За відомими координатами точок опорної мережі (табл. 3.4) та вимірними кутами (табл. 3.4) виконати розрахунок похибки положення пункту P , вибрати вихідні пункти для оберненої засічки, обчислити координати пункту P для двох варіантів різними методами та

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 30

визначити точність оберненої геодезичної засічки. Середня квадратична похибка вимірювання кутів 15".

β_{1P2}	50 01 17	X_1	73,049 м
β_{2P3}	35 38 49	Y_1	77,655 м
β_{3P4}	24 41 31	X_2	-187,771 м
l_{1P}	1,0 км	Y_2	962,343 м
l_{2P}	1,3 км	X_3	309,895 м
l_{3P}	1,2 км	Y_3	1395,554 м
l_{4P}	2,0 км	X_4	438,496 м
m_β	15"	Y_4	2353,429 м

Вибір вихідних пунктів для оберненої засічки

Відстань від пункту, що визначається, до початкового пункту, км	Варіанти			
	I 1, 2, 3	II 2, 3, 4	III 1, 2, 4	IV 1, 3, 4
лівого	1,0	1,3	1,0	1,0
середнього	1,3	1,2	1,3	1,2
правого	1,2	2,0	2,0	2,0
Відстань між початковими пунктами, км				
лівим і середнім	0,9	0,7	0,9	1,3
середнім і правим	0,7	1,0	1,5	1,0
Кут між початковими пунктами				
середній – лівий – правий (γ_1)	26,6145	24,72363	25,5491	1,065392
середній – правий – лівий (γ_2)	38,77276	16,59067	15,11452	1,476145
$180-\beta$	94,33167	119,6611	69,63972	69,63972
Сума кутів $\psi+\varphi=(180-\beta\pm(\gamma_1+\gamma_2))$	159,7189	78,34682	110,3033	67,09819
$\sin(\psi+\varphi)$	0,35	0,98	0,94	0,92
Середня квадратична похибка положення пункту P, мр, м	0,58	0,26	0,17	0,21

Для визначення координат пункту раціонально використовувати третій і четвертий варіанти засічки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 31

Розв'язок оберненої засічки (спосіб Кнейселя)

Визначимо координати пункту P для третього варіанту оберненої засічки:

	Вихідні пункти	X			Y
	1 (1)	73,049			77,655
	2 (2)	- 187,771			962,343
	3 (4)	438,496			2353,429
1	$X_2 - X_1$	- 260,820	3	$Y_2 - Y_1$	884,688
2	$X_3 - X_1$	365,447	4	$Y_3 - Y_1$	2275,774
4	β_1	50,021389	7	$\text{ctg}\beta_1$	0,838464
5	β_2	60,338889			
6	$\gamma = \beta_1 + \beta_2$	110,36028	8	$\text{ctg}\gamma$	- 0,371108
9	k_1	- 479,11025	11	k_2	2411,394
10	k_3	480,95876	12	k_4	1103,376
13	$C = \text{ctg}\alpha_{P1}$	1,3624209			
16	ΔX_{P1}	- 838,8844	14	ΔY_{P1} (через k_1, k_2)	- 615,7307
17	ΔX_{P1}	- 838,8844	15	ΔY_{P1} (через k_3, k_4)	- 615,7307
18	X_P	911,933	19	Y_P	693,386
перевірка					
20	ΔX_{P2}	- 1099,704	22	ΔY_{P2}	268,957
21	ΔX_{P3}	- 473,437	23	ΔY_{P3}	1660,043
24	$\text{tg}\alpha_{P2}$	- 0,2445723	25	α_{P2}	166,2568
26	$\text{tg}\alpha_{P3}$	- 3,5063628	27	α_{P3}	105,9179
28	$\beta_2 = \alpha_{P2} - \alpha_{P3}$	60,338889			

Визначимо координати пункту P для четвертого варіанту оберненої засічки:

	Вихідні пункти	X			Y
	1 (1)	73,049			77,655
	2 (2)	309,895			1395,554
	3 (4)	438,496			2353,429
1	$X_2 - X_1$	236,846	3	$Y_2 - Y_1$	1317,899
2	$X_3 - X_1$	365,447	4	$Y_3 - Y_1$	2275,774
4	β_1	85,668333	7	$\text{ctg}\beta_1$	0,075746
5	β_2	24,691944			
6	$\gamma = \beta_1 + \beta_2$	110,36028	8	$\text{ctg}\gamma$	- 0,371108
9	k_1	- 479,11025	11	k_2	2411,394
10	k_3	336,67186	12	k_4	1299,959
13	$C = \text{ctg}\alpha_{P1}$	1,362417			
16	ΔX_{P1}	- 838,88604	14	ΔY_{P1} (через k_1, k_2)	- 615,7337
17	ΔX_{P1}	- 838,88604	15	ΔY_{P1} (через k_3, k_4)	- 615,7337
18	X_P	911,935	19	Y_P	693,389
перевірка					
20	ΔX_{P2}	- 602,040	22	ΔY_{P2}	702,165

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 32

21	ΔX_{P3}	- 473,439	23	ΔY_{P3}	1660,040
24	$\text{tg}\alpha_{P2}$	- 1,16631	25	α_{P2}	130,61
26	$\text{tg}\alpha_{P3}$	- 3,5063444	27	α_{P3}	105,918
28	$\beta_2 = \alpha_{P2} - \alpha_{P3}$	24,691944			

Визначимо середнє значення координат пункту P

$$X_P = \frac{X_{P1} + X_{P2}}{2}, Y_P = \frac{Y_{P1} + Y_{P2}}{2}, \text{ м.}$$

Розв'язок оберненої засічки

Визначимо координати пункту P для третього варіанту оберненої засічки:

$\delta = \psi + \varphi$	110,3033			
g	1,45857			
β_1	50,02139			
β_2	60,33889			
φ	70,14814			
ψ	40,1552			
d	1132,117	1132,117	Δx	Δy
Дир. кут між серед. і лівою точками, α_l	286,4263		260,82	-884,688
Дир. кут між серед. і правою точками, α_{ll}	65,76272		626,267	1391,086
Дир. кут між серед. і шуканою точками, α_p	346,2568		1099,704	-268,957
	346,2568		1099,704	-268,957
X_P	911,933	911,933		
Y_P	693,386	693,386		

Визначимо координати пункту P для четвертого варіанту оберненої засічки:

$\delta = \psi + \varphi$	67,09819			
g	1,722883			
β_1	85,66833			
β_2	24,69194			
φ	43,53357			
ψ	23,56462			
d	924,9261	924,9261	Δx	Δy
Дир. кут між серед. і лівою точками, α_l	259,8119		-236,846	-1317,9

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 33

Дир. кут між серед. і правою точками, α_1	82,35339		128,601	957,875
Дир. кут між серед. і шуканою точками, α_2	310,61		602,04	-702,165
	310,61		602,04	-702,165
X_P	911,935	911,935		
Y_P	693,389	693,389		

Визначимо середнє значення координат пункту P

$$X_P = \frac{X_{P1} + X_{P2}}{2}, Y_P = \frac{Y_{P1} + Y_{P2}}{2}, \text{ м.}$$

Перелік питань для самоконтролю

1. Наведіть порядок закладення і визначення координат точки способом оберненої засічки.
2. Які величини вимірюються при способі оберненої засічки.
3. Як вибираються вихідні пункти для розрахунку координат точки оберненою засічкою?
4. Розпишіть порядок визначення координат точки способом Кнейселя.
4. Розпишіть порядок визначення координат точки способом, запропонованим Інструкцією.
5. Наведіть порядок визначення похибки визначення координат точки способом оберненої засічки.
6. Від чого залежить точність визначення координат точки способом оберненої засічки?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 34</i>

4. Розрахунково-графічна робота №4

ПРОЕКТ ПОБУДОВИ ПІДЗЕМНОЇ МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ ОПОРНОЇ МЕРЕЖІ З ПЕРЕДРОЗРАХУНКОМ ПОХИБКИ ПОЛОЖЕННЯ КІНЦЕВОЇ ТОЧКИ

Мета: Розглянути порядок розробки проекту побудови підземної маркшейдерської опорної мережі з передрозрахунком похибки положення кінцевої точки.

Завдання: Засвоїти теоретичний матеріал з особливостей побудови та розвитку підземних маркшейдерських опорних мереж. Розробити проект побудови підземної маркшейдерської опорної мережі згідно індивідуального завдання. Виконати передрозрахунок похибки положення кінцевої точки.

Короткі теоретичні відомості

Підземні опорні мережі складаються з полігонометричних ходів, що прокладаються, як правило, по головних підготовчих виробках. Побудову опорних мереж виконують в основному з розділенням полігонометричних ходів на секції гіроскопічно орієнтованими сторонами (гіросторонами). Опорні мережі створюють у вигляді систем замкнутих, розімкнених і висячих ходів. Висячі ходи повинні бути прокладені двічі або примикатися до гіросторін.

Пункти підземних маркшейдерських опорних мереж залежно від терміну їх існування і способу закріплення розділяють на постійні і тимчасові. Постійні пункти закладають групами в місцях, що забезпечують їх нерухомість і тривале збереження. У кожній групі повинно бути не менше трьох пунктів, а в приствольному дворі при початковому орієнтуванні — не менше чотирьох. При нестійких породах постійні пункти закладають в міру можливості. Тимчасові пункти закріплюють на кріпленні виробки. Постійні і тимчасові пункти підземної опорної мережі повинні мати цифрове позначення. В позначеннях постійних пунктів також використовується позначення літерами, наприклад, **Бк** та **Бп**, тобто забетоновані в підшві і забетоновані в покрівлі.

У міру посування гірничих виробок підземну опорну мережу періодично поповнюють. Пункти полігонометричних ходів не повинні відставати від

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземляр № 1	Арк 50 / 35

вибоїв виробок більше ніж на 500 м, якщо початкові плани гірничих виробок складають в масштабі 1:2000, і на 300 м, якщо плани складають в масштабі 1:1000. В період розробки родовища всі пройдені основні гірничі виробки, що мають вихід на земну поверхню, повинні бути використані для примикання підземної опорної мережі до пунктів опорної мережі на земній поверхні.

Побудову і реконструкцію підземних опорних мереж здійснюють за проектами, складеними з урахуванням перспективних планів розвитку гірничих робіт. При складанні проекту встановлюють принципіву схему опорної мережі, яка повинна служити геометричною основою розвитку зйомочної мережі і зйонок гірничих виробок. Середня квадратична похибка положення найбільш віддалених пунктів опорної мережі щодо початкових пунктів не повинна перевищувати 0,4 мм на плані, що складає 0,4 і 0,8 м для планів гірничих виробок масштабів відповідно 1:1000 і 1:2000.

Опорні мережі будують у вигляді системи з наявністю проміжних (надлишкових) дирекційних кутів: полігонометричну мережу при її довжині більше 2 км розділяють на секції з твердими (гіроскопічними) дирекційними кутами. При цьому число кутів в секції не повинно перевищувати 20. В кожній секції за допомогою гірокомпаса незалежно визначають дирекційний кут однієї з сторін, які приймають як тверді.

Реконструкцію підземної опорної мережі виконують при значному зсуві або втраті пунктів, необхідних для подальшого прокладання ходів; зниженні точності мережі із збільшенням її протяжності; необхідності ув'язки мереж різних горизонтів або шахт; при появі нових зв'язків з опорною мережею на земній поверхні.

У **проекті** повинні бути викладені основні питання побудови мережі:

1. Характеристика пунктів і сторін маркшейдерської геодезичної опорної мережі, що використовуються для визначення координат і висот підхідних пунктів, визначення поправки гірокомпаса. При необхідності згущення опорної мережі визначають об'єми і терміни виконання робіт.

2. Відомості про існуючу підземну опорну мережу і можливість використання раніше прокладених полігонометричних ходів, які по точності вимірювань і збереженню пунктів можуть бути включені в проєктовану мережу.

3. Схема побудови проєктованої мережі.

4. Місця і способи додаткового центрування і орієнтування мережі.

5. Розрахунок точності положення віддалених пунктів підземної опорної

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 36</i>

мережі.

6. Прилади і устаткування для побудови мережі.

7. Методика гіроскопічного орієнтування, вимірювань кутів і ліній. У випадку, якщо мережу реконструюють з метою проведення виробок зустрічними вибоями, в проєкті приводять розрахунок точності кутових і лінійних вимірювань, визначають методику виконання робіт і вибирають відповідні інструменти.

8. Порядок зрівнювання підземної опорної мережі.

9. Календарний план виконання робіт з вказанням об'ємів по видах і виконавців (шахта, підрядна організація, спеціалізована група і ін.).

10. Заходи безпеки при виконанні робіт.

У *графічну частину* проєкту включають:

1. План опорної мережі на земній поверхні (масштаби 1:2000 – 1:10000) з нанесеною схемою примикання до точок центрування і вказаною стороною для визначення поправки гірокомпаса.

2. Плани гірничих виробок, на які наносять:

- технічні межі шахти;
- існуючі і проєктні капітальні і підготовчі гірничі виробки;
- існуючі початкові пункти опорної мережі, місця додаткового орієнтування і центрування;
- схему існуючої опорної мережі і проєктовані ходи;
- постійні пункти, що збереглися (з вказаними їх номерами), і проєктовані групи постійних пунктів, що існують і проєктовані гіросторони.

3. Схему мережі, що реконструюється, для виконання зрівнювання.

Щоб переконатись в правильності вибору місця розміщення гіросторін при проєктуванні опорної мережі, розраховують похибку положення найбільш віддаленого пункту мережі з врахуванням запланованого розвитку гірничих робіт. Для нескладних схем побудови мереж може виконуватися тільки розрахунок середніх квадратичних похибок положення віддалених пунктів магістральних ходів щодо найближчих точок центрування.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 37

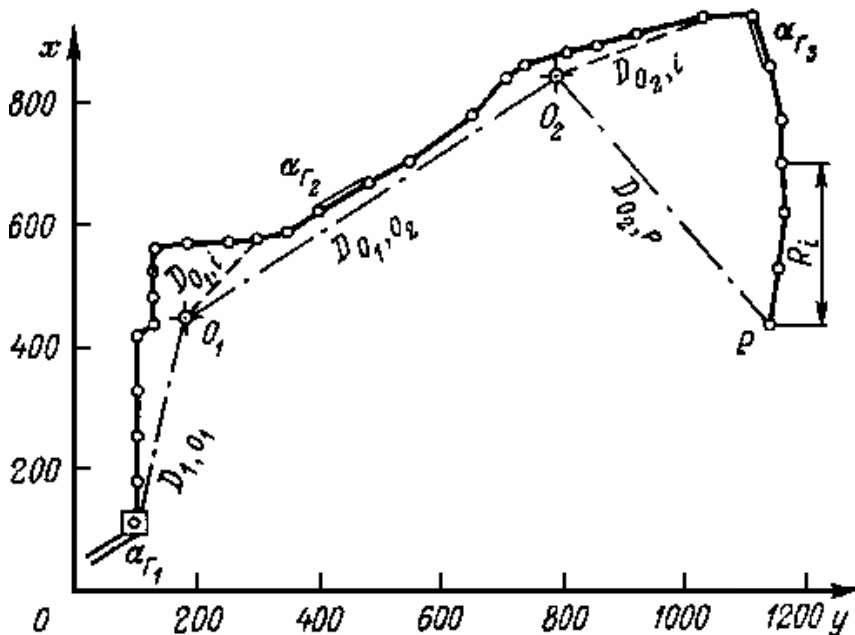


Рис. 4.3. До розрахунку похибки положення останнього пункту ходу Р

В ході довільної форми (рис. 4.1) середня квадратична похибка положення останнього пункту ходу Р дорівнює

$$M^2 = \frac{m^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^{t_{tot}} R_i^2 + \mu^2 \sum_{i=1}^n s_i + \lambda^2 L^2.$$

В ході довільної форми, розділеному гірсторонами на секції (рис. 4.1), середня квадратична похибка положення останнього пункту ходу Р дорівнює

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 38

$$M_P^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^{t_{r+1}} R_i^2 + \mu^2 \sum_{i=1}^n s_i + \lambda^2 L^2.$$

В ході довільної форми, розділеному гірсторонами на секції (рис. 4.1), середня квадратична похибка положення останнього пункту ходу Р дорівнює

$$M_P^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \left(\sum_{i=1}^{t_1} D_{0,i}^2 + \sum_{i=1}^{t_2} D_{0_{2,i}}^2 + \dots + \sum_{i=1}^{t_r} D_{0_{r,i}}^2 + \sum_{i=1}^{t_{r+1}} R_i^2 \right) + \frac{m_{\alpha_i}^2}{\rho^2} \left(\sum_{j=1}^{r-1} D_{0_j,0_{j+1}}^2 + D_{1,0_1}^2 + D_{0_r,P}^2 \right) + \mu^2 \sum_{i=1}^n s_i + \lambda^2 L^2,$$

де m_β – середня квадратична похибка вимірювання кутів;

m_{α_i} – середня квадратична похибка визначення дирекційних кутів гірсторон;

μ, λ – коефіцієнти випадкового і систематичного впливу при лінійних вимірюваннях;

n – число сторін ходу;

r – число секцій ходу;

t – число кутів в секції;

$D_{01,i}, D_{02,i}, D_{0r,i}$ – відстані, що визначаються в кожній секції від її центра ваги до i -го пункту секції;

R_i – відстань від i -го пункту висячого ходу, що опирається на гірсторону, до останнього пункту Р;

$D_{0j,0_{j+1}}$ – відстань між центрами ваги суміжних секцій j та $j+1$;

$D_{1,0_1}$ – відстань від першого пункту ходу до центру ваги першої секції;

$D_{0r,P}$ – відстань від центру ваги останньої секції до останнього пункту Р;

s – довжина сторони;

L – довжина замикаючої сторони ходу,

$\rho=206264,8$ – кількість секунд в одному радіані.

Координати центру ваги секції можна розрахувати як середнє арифметичне значень координат x та y пунктів в секції.

Якщо значення M більше 1/3 допустимого, то потрібно збільшити число гірсторон в ході і повторити обчислення похибки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 39

Порядок виконання роботи

1. Визначення координат постійних і тимчасових пунктів проектної підземної опорної мережі.

2. Розрахунок середньої квадратичної похибки положення останнього (або найбільш віддаленого) пункту мережі P без вставлених гірсторін за формулою

$$M_P^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum_{i=1}^{t_{i+1}} R_i^2 + \mu^2 \sum_{i=1}^n s_i + \lambda^2 L^2$$

і порівняння з допустимим значенням $\dot{I}_{P\text{д\ddot{u}}\text{л}} = \frac{1}{3} \cdot 0,4 \dot{I}_{\text{д\ddot{u}}\text{л}}$, \dot{I} , де M – масштаб плану гірничих виробок (1:1000 або 1:2000).

3. Якщо $\dot{I}_P \leq \dot{I}_{P\text{д\ddot{u}}\text{л}}$, то роботу завершено, якщо ж $\dot{I}_P \geq \dot{I}_{P\text{д\ddot{u}}\text{л}}$, то потрібно розбити хід гірсторону на гіросекцію і висячу частину ходу і виконати повторний розрахунок середньої квадратичної похибки за формулою

$$M_P^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \left(\sum_{i=1}^i D_{0,i}^2 + \sum_{i=1}^{t_{i+1}} R_i^2 \right) + \frac{m_{a_i}^2}{\rho^2} (D_{10}^2 + D_{0,P}^2) + \mu^2 \sum_{i=1}^n s_i + \lambda^2 L^2$$

і порівняти з допустимим значенням.

4. Якщо $\dot{I}_P \leq \dot{I}_{P\text{д\ddot{u}}\text{л}}$, то роботу завершено, якщо ж знову $\dot{I}_P \geq \dot{I}_{P\text{д\ddot{u}}\text{л}}$, то потрібно вставити ще одну гірсторону і виконати повторний розрахунок середньої квадратичної похибки за формулою

$$M_P^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \left(\sum_{i=1}^i D_{0,i}^2 + \sum_{i=1}^{t_1} D_{0_2,i}^2 + \dots + \sum_{i=1}^{t_r} D_{0_r,i}^2 + \sum_{i=1}^{t_{i+1}} R_i^2 \right) + \frac{m_{a_i}^2}{\rho^2} \left(\sum_{j=1}^{r-1} D_{0_j,0_{j+1}}^2 + D_{10}^2 + D_{0,P}^2 \right) + \mu^2 \sum_{i=1}^n s_i + \lambda^2 L^2,$$

і порівняти з допустимим значенням і т.д.

Варіанти індивідуальних завдань

В процесі побудови підземної маркшейдерської опорної мережі були виміряні лінії по ходу кути (таблиця 4.1) і визначені горизонтальні прокладання сторін (таблиця 4.2).

Всі вимірювання виконувались з такою точністю:

- середня квадратична похибка вимірювання кутів $m_\beta = 20''$;
- середня квадратична похибка вимірювання дирекційних кутів

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 40</i>

гіросторін $m_{az} = 30''$;

- коефіцієнт випадкового впливу при лінійних вимірюваннях $\mu = 0,001$;
- коефіцієнт систематичного впливу при лінійних вимірюваннях $\lambda = 0,00005$.

Визначити координати постійних пунктів підземної маркшейдерської опорної мережі і виконати передрозрахунок точності положення останнього пункту мережі. Побудувати проект підземної маркшейдерської опорної мережі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 41

Таблиця 4.1

	№ варіанту *									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X _{1Бк}	972,219	1256,548	2456,745	451,129	579,451	918,512	1549,852	2164,811	-514,871	-569,847
Y _{1Бк}	1924,594	3429,841	1136,951	1387,423	1654,874	154,698	-457,621	1406,506	-189,451	1546,987
S ₁₋₂	25,130	27,130	24,130	25,130	35,130	32,130	35,130	28,130	25,130	33,130
S ₂₋₃	15,960	25,988	16,960	18,056	35,060	29,863	39,960	33,126	29,960	29,960
S ₃₋₄	34,113	26,113	20,785	30,785	34,183	27,113	32,189	34,113	34,893	32,113
S ₄₋₅	65,250	55,250	58,690	58,690	52,260	43,960	71,245	69,560	57,109	66,936
S ₅₋₆	45,590	45,590	66,580	56,580	56,990	71,245	45,853	43,960	66,580	69,610
S ₆₋₇	55,758	52,260	57,109	52,260	39,560	45,853	57,109	71,245	57,109	45,590
S ₇₋₈	40,785	46,990	66,936	66,990	43,960	76,350	55,250	45,853	66,936	45,590
S ₈₋₉	58,690	59,560	69,610	71,245	71,245	65,758	58,690	57,109	69,610	52,260
S ₉₋₁₀	56,580	43,960	45,590	45,853	45,853	45,853	56,580	85,250	66,936	57,109
S ₁₀₋₁₁	52,260	71,245	52,260	57,109	57,109	57,109	57,109	45,590	69,610	66,936
S ₁₁₋₁₂	46,990	45,853	56,990	66,936	55,250	72,580	66,936	52,260	45,590	69,610
S ₁₂₋₁₃	69,560	76,350	79,560	76,350	45,590	57,109	69,610	43,960	52,260	45,590
S ₁₃₋₁₄	43,960	65,758	43,960	69,610	52,260	66,936	45,590	71,245	57,109	76,350
S ₁₄₋₁₅	71,245	40,785	71,245	76,580	56,990	69,610	52,260	45,853	66,936	65,758
S ₁₅₋₁₆	45,853	38,690	45,853	52,260	39,560	45,590	47,109	45,853	59,610	45,853
S ₁₆₋₁₇	37,109	36,580	46,350	36,990	43,960	52,260	46,936	56,350	45,590	52,260
S ₁₇₋₁₈	46,936	47,109	55,758	39,560	51,245	46,936	39,610	45,758	52,260	56,936
S ₁₈₋₁₉	76,350	66,936	45,853	43,960	45,853	57,109	45,590	45,853	45,590	69,610
S ₁₉₋₂₀	69,610	69,610	57,109	71,245	45,853	66,936	52,260	52,260	52,260	45,590
S ₂₀₋₂₁	74,260	64,260	66,936	58,690	76,350	76,350	52,990	66,936	43,960	52,260
S ₂₁₋₂₂	60,850	60,850	76,350	65,580	65,758	69,610	59,560	57,109	71,245	57,109
S ₂₂₋₂₃	65,269	65,269	69,610	57,109	45,853	68,260	43,960	76,580	45,853	66,936
S ₂₃₋₂₄	57,963	47,963	34,260	66,936	57,109	60,850	71,245	52,260	45,853	69,610
S ₂₄₋₂₅	45,694	45,694	50,850	59,645	56,936	48,610	54,350	36,990	47,350	49,056
S ₂₅₋₂₆	42,512	42,512	49,610	40,785	46,350	39,560	49,610	39,560	57,109	54,350

Примітка: * варіант відповідає передостанній цифрі залікової книжки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 42

Таблиця 4.2

	№ варіанту*														
	0			1			2			3			4		
	о	'	''	о	'	''	о	'	''	о	'	''	о	'	''
$\alpha_{поч}$	220	50	12	126	14	21	96	55	28	138	45	9	314	15	43
α_{15-16}	11	45	59	269	13	45	237	58	45	285	58	52	114	30	40
β_{II-1-2}	167	52	53	167	16	51	167	52	53	150	12	8	167	52	53
β_{1-2-3}	157	49	41	175	40	41	150	16	51	150	16	51	139	34	57
β_{2-3-4}	182	18	38	177	6	2	182	40	41	182	40	41	166	0	18
β_{3-4-5}	226	17	22	184	45	36	226	17	22	226	17	22	185	22	26
β_{4-5-6}	176	18	36	197	51	23	176	18	36	176	18	36	201	3	11
β_{5-6-7}	189	56	32	189	56	32	185	50	22	189	56	32	157	49	41
β_{6-7-8}	184	50	41	184	50	41	188	14	30	185	50	22	163	13	51
β_{7-8-9}	167	16	51	167	16	51	167	16	51	188	14	30	182	18	38
β_{8-9-10}	175	40	41	175	40	41	175	40	41	167	16	51	226	17	22
$\beta_{9-10-11}$	177	6	2	177	6	2	177	6	2	175	40	41	177	6	2
$\beta_{10-11-12}$	184	45	36	184	45	36	184	45	36	177	6	2	184	45	36
$\beta_{11-12-13}$	197	51	23	197	51	23	195	51	23	184	45	36	197	51	23
$\beta_{12-13-14}$	177	13	59	177	13	59	177	13	59	195	51	23	177	13	59
$\beta_{13-14-15}$	139	34	57	139	34	57	139	34	57	177	13	59	177	25	23
$\beta_{14-15-16}$	166	0	18	166	0	18	166	0	18	139	34	57	176	18	36
$\beta_{15-16-17}$	185	22	26	185	22	26	185	22	26	166	0	18	189	56	32
$\beta_{16-17-18}$	201	3	11	163	13	51	201	3	11	185	22	26	184	50	41
$\beta_{17-18-19}$	163	13	51	177	25	23	163	13	51	201	3	11	167	16	51
$\beta_{18-19-20}$	177	25	23	225	2	54	177	25	23	163	13	51	175	40	41
$\beta_{19-20-21}$	225	2	54	217	2	31	175	22	54	177	25	23	225	2	54
$\beta_{20-21-22}$	217	2	31	194	56	37	217	2	31	175	22	54	217	2	31
$\beta_{21-22-23}$	194	56	37	185	50	22	194	56	37	217	2	31	188	14	30
$\beta_{22-23-24}$	185	50	22	188	14	30	189	56	32	194	56	37	176	38	4
$\beta_{23-24-25}$	188	14	30	176	38	4	184	50	41	184	50	41	194	56	37
$\beta_{24-25-26}$	176	38	4	185	50	22	176	38	4	176	38	4	185	50	22

Примітка: * варіант відповідає останній цифрі залікової книжки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/184.00.1/ВК3.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 43

Продовження таблиці 4.2

	№ варіанту*														
	5			6			7			8			9		
	о	і	п	о	і	п	о	і	п	о	і	п	о	і	п
<i>α_{поч}</i>	112	45	51	33	54	14	341	24	19	134	55	48	64	32	11
<i>α₁₅₋₁₆</i>	284	27	52	180	45	52	266	20	51	277	52	14	168	48	14
<i>β_{П-1-2}</i>	148	12	18	148	12	18	150	12	8	148	12	18	130	45	18
<i>β₁₋₂₋₃</i>	145	34	57	145	34	57	150	16	51	155	34	57	150	21	57
<i>β₂₋₃₋₄</i>	166	0	18	166	0	18	182	40	41	169	0	18	165	0	18
<i>β₃₋₄₋₅</i>	176	18	36	185	22	26	226	17	22	177	6	2	179	6	2
<i>β₄₋₅₋₆</i>	189	56	32	201	3	11	176	18	36	184	45	36	176	45	36
<i>β₅₋₆₋₇</i>	184	50	41	157	49	41	188	45	32	197	51	23	201	51	23
<i>β₆₋₇₋₈</i>	167	16	51	163	13	51	185	50	22	177	13	59	180	13	59
<i>β₇₋₈₋₉</i>	175	40	41	182	18	38	184	50	41	177	25	23	172	25	23
<i>β₈₋₉₋₁₀</i>	225	2	54	226	17	22	167	16	51	176	38	4	176	38	4
<i>β₉₋₁₀₋₁₁</i>	217	2	31	177	6	2	175	40	41	194	56	37	186	56	37
<i>β₁₀₋₁₁₋₁₂</i>	188	14	30	184	45	36	225	2	54	185	50	22	185	50	22
<i>β₁₁₋₁₂₋₁₃</i>	185	22	26	197	51	23	217	2	31	176	18	36	176	18	36
<i>β₁₂₋₁₃₋₁₄</i>	201	3	11	177	13	59	188	14	30	189	56	32	189	56	32
<i>β₁₃₋₁₄₋₁₅</i>	157	49	41	177	25	23	185	22	26	184	50	41	184	50	41
<i>β₁₄₋₁₅₋₁₆</i>	163	13	51	176	38	4	201	3	11	167	16	51	167	16	51
<i>β₁₅₋₁₆₋₁₇</i>	182	18	38	176	18	36	189	56	32	175	40	41	175	40	41
<i>β₁₆₋₁₇₋₁₈</i>	226	17	22	189	56	32	184	40	41	201	3	11	210	3	11
<i>β₁₇₋₁₈₋₁₉</i>	177	6	2	184	50	41	167	10	0	157	49	41	157	49	41
<i>β₁₈₋₁₉₋₂₀</i>	184	45	36	167	16	51	175	40	41	163	13	51	161	13	51
<i>β₁₉₋₂₀₋₂₁</i>	197	51	23	175	40	41	222	14	54	182	18	38	182	18	38
<i>β₂₀₋₂₁₋₂₂</i>	177	13	59	225	2	54	217	2	31	226	17	22	219	17	22
<i>β₂₁₋₂₂₋₂₃</i>	177	25	23	217	2	31	178	14	30	225	2	54	223	2	54
<i>β₂₂₋₂₃₋₂₄</i>	176	38	4	188	14	30	176	38	4	217	2	31	217	2	31
<i>β₂₃₋₂₄₋₂₅</i>	194	56	37	185	22	26	194	56	37	188	14	30	188	14	30
<i>β₂₄₋₂₅₋₂₆</i>	185	50	22	201	3	11	185	50	22	185	22	26	185	22	26

Примітка: * варіант відповідає останній цифрі залікової книжки.

Перелік питань для самоконтролю

1. Як і де потрібно розташовувати постійні пункти маркшейдерської опорної мережі?
2. Скільки пунктів повинно бути в групі постійних опорних пунктів?
3. Як поповнюється підземна опорна мережа?
4. Які основні питання побудови мережі повинні бути наведені у проекті?
5. Як виконується передрозрахунок похибки положення кінцевої точки?
6. Що потрібно робити у випадку, коли похибка положення кінцевої точки перевищує допустиме значення?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 44

5. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Розрахунково-графічні роботи виконуються кожним студентом згідно номера індивідуального варіанту. Номер індивідуального варіанту у першій роботі визначає номер студента у списку групи, у другій, третій та четвертій роботі – дві останні цифри номера залікової книжки студента.

Робота оформлюється на окремих аркушах друкарського паперу формату А4 згідно з ГОСТ 2.301-68 (210×297 мм). Кожен аркуш звіту повинен мати рамку і основний напис.

Приклад оформлення титульного аркуша наведено в *ДОДАТКУ 1*.

Основний напис першого аркуша кожної розрахунково-графічної роботи та змісту повинен виконуватись згідно *форми 2*, на подальших аркушах – згідно *форми 2а* (основні написи для текстових документів (*форма 2* та *форма 2а*) наведено в *ДОДАТКУ 2*).

Позначення документа виконується за такою структурою:

КМ.РР13.ХХ.0У.ЗВ,

де ***КМ*** – код кафедри (кафедра маркшейдерії);

РР – позначення виду роботи (розрахунково-графічна робота);

13 – рік виконання розрахунково-графічної роботи (наприклад, 2013 рік);

ХХ – номер індивідуального варіанту;

0У – порядковий номер розрахунково-графічної роботи (***00*** – титульний аркуш);

ЗВ – позначення звіту.

Відстань від рамки аркуша до межі тексту на початку і в кінці рядків повинна дорівнювати 3÷5 мм. Відстань від верхнього і нижнього рядка тексту до верхньої чи нижньої рамки – 10÷15 мм. Відступ абзацу від лівої обрамляючої лінії – 15÷17 мм.

Всі листи звіту, починаючи з титульного, повинні мати наскрізну нумерацію сторінок (титульний лист не нумерується). Номер сторінки на листах текстових і графічних документів указують у правому верхньому кутку робочого поля листа. Крім того, в основному написі текстових і графічних документів, які включені у звіт і мають самостійне позначення (наприклад, розрахунково-графічна робота, графічні додатки), указують порядкову нумерацію листів в межах розрахунково-графічної кожної роботи з одним позначенням.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 45</i>

5. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. . Бакка М.Т.. Аналіз точності маркшейдерських мереж / Бакка М.Т., Назаренко В.О.: Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2006. – 166 с.
2. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах. Інструкція. Донецьк: ТОВ «АЛАН», 2001. – 264 с.
3. Соболевський Р.В., Горелікова В.В., Ващук О.М./ Проектування і аналіз точності маркшейдерських мереж / Методичні вказівки, ЖДТУ, Житомир, 2012.- 93 с.
4. Іськов С.С. Котенко В.В. Маркшейдерські опорні мережі. Методичні вказівки. Житомир: ЖДТУ, 2013. – 34 с.
5. Іськов С.С. Маркшейдерські опорні мережі / С.С. Іськов. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – 48 с
6. 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.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 46</i>

ДОДАТОК 1

ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ ТИТУЛЬНОГО АРКУША

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»

Кафедра маркшейдерії
Група _____
Номер залікової книжки _____

Звіт
з розрахунково-графічних робіт
з курсу
«МАРКШЕЙДЕРСЬКІ ОПОРНІ МЕРЕЖІ»

КМ.РР13.33.00.3В

Виконав: _____

Студент С.Т.

Перевірив: _____

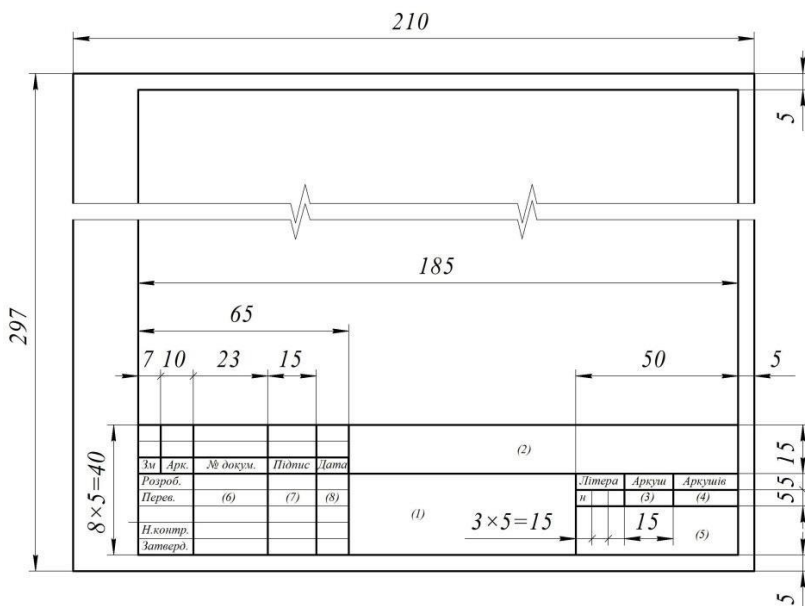
Прізвище І.Б.

Житомир
2023

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 47

ДОДАТОК 2

ОСНОВНІ НАПИСИ ДЛЯ ТЕКСТОВИХ ДОКУМЕНТІВ. ФОРМА 2 ТА ФОРМА 2А

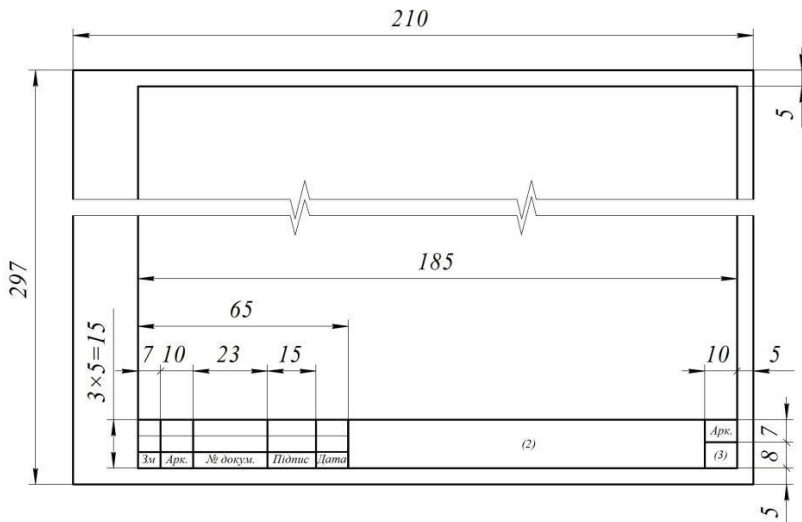


Основний напис для текстових документів. Форма 2

В графах основних написів зазначають наступні дані (номера граф наводяться в дужках):

- графа 1** – назва розрахунково-графічної роботи;
- графа 2** – позначення документа;
- графа 3** – порядковий номер аркуша;
- графа 4** – загальна кількість аркушів в розрахунково-графічній роботі;
- графа 5** – назва університету, шифр спеціальності та академічної групи;
- графа 6** – прізвища особи, що підписує роботу;
- графа 7** – підпис особи, прізвище якої зазначено в графі 6;
- графа 8** – дата підписання роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 48



Основний напис для текстових документів. Форма 2а

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 50 / 49

ЗМІСТ

	Передмова	3
1.	<i>Розрахунково-графічна №1. Розбивка експлуатаційної сітки</i>	4
2.	<i>Розрахунково-графічна №2. Закладення пунктів опорної мережі прокладенням теодолітного ходу (полігонометрія 1 розряду)</i>	12
3.	<i>Розрахунково-графічна №3. Визначення координат пункту оберненою геодезичною засічкою</i>	16
4.	<i>Розрахунково-графічна №4. Проект побудови підземної маркшейдерської опорної мережі з передрозрахунком похибки положення кінцевої точки</i>	34
5.	Список рекомендованої літератури	45

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.06- 05.02/2/184.00.1/ВКЗ.3.1.- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 50 / 50</i>

Котенко Володимир
Володимирович
Іськов Сергій Станіславович
Куницька Марина Сергіївна
Ковалевич Людмила Анатоліївна

Маркшейдерські опорні мережі

Методичні вказівки для проведення
практичних занять з навчальної дисципліни
«Маркшейдерські опорні мережі» для
здобувачів вищої освіти освітнього рівня
«бакалавр» денної та заочної форм навчання
спеціальності 184 «Гірництво» освітньо-
професійна програма «Гірництво»

Здано в набір 01.02.2013 р. Підписано до друку
16.03.2013 р. Формат 30×42 / 4.

Гарнітура Times New Roman. Папір офісний.
Умов. друк. акр. 0,82 Обл. вид. арк. 0,87 Наклад 200 прим. Зам. № _____
