

Методичні рекомендації
до виконання індивідуальних завдань
з дисципліни

**ГЕОМЕТРІЯ НАДР
(підрахунок запасів)**

Запоріжжя 2025

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол №1 від 24.10.2025 р.)

Укладачі:

Бруй Ганна Валеріївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри гірничої справи.

Назаренко Валентин Олексійович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри гірничої справи.

Рецензент:

Богомаз О.П. – кандидат техн. наук, доцент кафедри гірничої справи ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».

Г35 Геометрія надр (підрахунок запасів) : методичні рекомендації до виконання індивідуальних завдань / уклад.: Г. В. Бруй, В. О. Назаренко. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 18 с.

Методичні вказівки містять основні теоретичні відомості, приклади, довідковий матеріал та похідні данні для виконання індивідуальних завдань за темою «Аналіз повноти розвіданості (вивченості) родовищ» та «Підрахунок запасів способом ізоліній (об'ємної палетки П.К. Соболевського)» при вивченні студентами дисципліни «Геометрія надр (підрахунок запасів)».

Рекомендовано для студентів спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології усіх форм навчання другого (магістерського) рівня освіти.

УДК 622.11(072)



ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Індивідуальне завдання 1 Оцінка повноти розвіданості (вивченості) родовищ.....	5
1.1. Загальні відомості щодо оцінки повноти розвіданості родовищ.....	5
1.2. Завдання та вихідні дані	9
1.3. Методичні вказівки до виконання індивідуальної роботи.....	10
1.4. Приклад графічних побудов	11
Індивідуальне завдання 2 Підрахунок запасів способом ізоліній (об'ємної палетки П.К. Соболевського).....	12
2.1. Загальні відомості щодо підрахунку запасів способом ізоліній.....	12
2.2. Завдання та вихідні дані	14
2.3. Методичні вказівки до виконання індивідуальної роботи.....	14
ЛІТЕРАТУРА.....	16
Додаток А Приклад титульного листа	17



ВСТУП

В рамках освоєння курсу " Геометрія надр (підрахунок запасів) " студенти отримують практичні компетенції розв'язання прикладних завдань щодо маркшейдерського супроводу гірничих робіт. Саме отримання цих компетенцій дозволить у майбутньому фахівцю з гірництва приймати участь у виконанні робіт з планування гірничих робіт та визначення руху запасів в межах підприємства.

В рамках отримання цих компетенцій студенту пропонується виконати індивідуальне завдання на теми " Оцінка повноти розвіданості (вивченості) родовищ " та «Підрахунок запасів способом ізоліній (об'ємної палетки П.К. Соболевського)». Представлені методичні рекомендації містять теоретичні відомості з цього розділу, індивідуальне завдання, методичні рекомендації щодо аналітичних розрахунків та графічних побудов, приклад виконання індивідуального завдання та зразок титульного аркушу.

При вивченні навчального матеріалу особливу увагу слід привертати до визначень понять курсу. Обов'язково слід ознайомитися з лекційним матеріалом, що передує виконанню індивідуального завдання. Після виконання завдання студент має отримати ділянки родовища, які вимагають подальшої розвідки структурних і якісних показників корисної копалини.



ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 1

ОЦІНКА ПОВНОТИ РОЗВІДАНOSTІ (ВИВЧЕНОСТІ) РОДОВИЩ

1.1. Загальні відомості щодо оцінки повноти розвіданості родовищ

Вивченість родовища, яка зводиться до вивчення його показників і геометрії їх розташування, повинна забезпечувати можливість його комплексного освоєння, а також вирішення питань охорони навколишнього середовища. Прості міркування показують, що вивченість залежить від ступеню мінливості показників і густоти точок їх вимірів. Цілком очевидно, що чим більш мінливий показник, тим більше точок вимірів треба зробити, щоб вивчити геометрію його зміни. Крім того, важливим при цьому являється не тільки механічне збільшення кількості точок спостережень, а і відстань між ними.

Як і при вивченні мінливості відомо декілька різних підходів до оцінки повноти розвіданості (вивченості) топографічних поверхонь, що характеризують розміщення показників. Так, Д.А.Казаковський показник вивченості (R) пропонує обчислювати за формулою

$$R = \frac{nk\bar{X}}{1000\sum|\Delta''|}$$

де \bar{X} – середнє значення показника;

n – число свердловин, або взагалі точок вимірів якогось показника (об'ємної ваги, потужності, вмісту компонента і т.д.);

k – число других різниць із вимірних значень показника;

Δ'' – другі різниці показника покладау;

l – показник, на який перемножують другі різниці. Він обернено пропорціональний відстані між точками спостереження, для квадратної сітки спостережень по сторонам квадрату $l = 1$ а по діагоналям $l = 0,7$

Надійний показник вивченості по Д.А.Казаковському одержується коли $n > 20$.

При геометризації родовищ методом ізоліній часто бувають випадки. в межах якоїсь чарунки, утвореної розвідувальними точками, по одним і тим же даним можливо по різному провести ізолінії того або іншого показника покладу, наприклад, потужності (рис. 1.1).

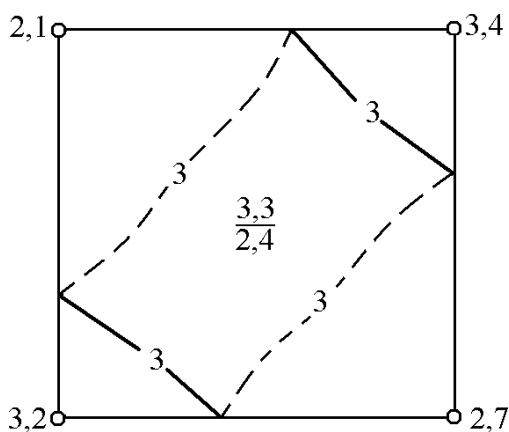


Рис. 1.1. Невизначеність проведення ізоліній в межах розвідувальної чарунки

В наведеному прикладі ізолінію потужності із значенням 3м можливо провести двояко (як показано на рисунку) і тоді в центрі чарунки виникає подвійне вирішення або невизначеність (3.3 або 2.4).

Обидва варіанти однаково можливі.

Подібна невизначеність обумовлюється головним чином недостатністю початкових даних розвідки, а інколи величиною січення ізоліній.

Щоб оперативно визначити, в яких чарунках виникає невизначеність, корисно провести попередній аналіз даних з допомогою геометричного критерію, запропонованого О.Г.Осецьким. Суть його ґрунтується на тому, що послідовна зміна показника від найменшого значення до найбільшого або навпаки, між сусідніми точками чотирикутної розвідувальної чарунки проходить прямолінійно і може мати тільки три такі напрямки:

- а) по периметру розвідувальної чарунки (рис. 1.2, а);

б) в напрямку через одну із діагоналей чарунки (рис. 1.2, б):

в) в напрямку через обидві діагоналі основи чарунки (рис. 1.2, в).

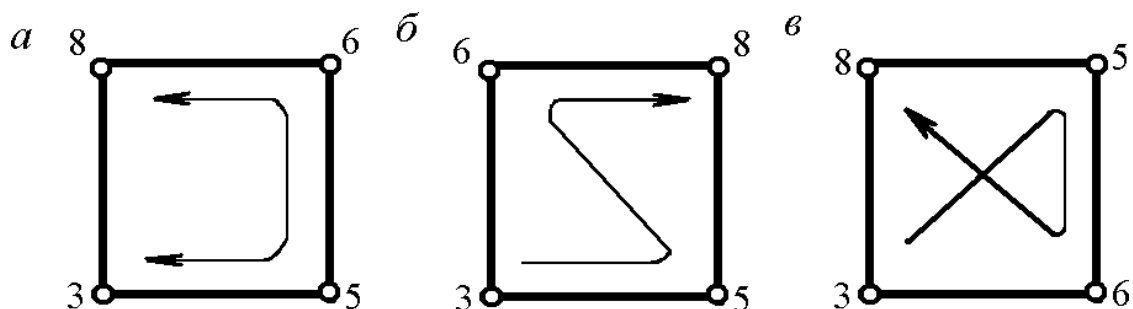


Рис. 1.2. Можливі напрямки послідовної зміни показників

Дослідження показали, що невизначене вирішення задач геометризації в межах чарунки виникає лише в тому випадку, коли зміна показника покладу (збільшення або зменшення) відбувається в напрямку через дві діагоналі. Невизначеність притаманна інтервалові, який розташований між показниками, що знаходяться в середині ряду показників. В нашому випадку (рис. 1.2, в) це буде інтервал між цифрами 5 і 6 включно.

Інтервал подвійних вирішень невизначеності 3568.

Розглянемо невеликий приклад. Нехай на плані розвідки (рис. 1.3) біля кожної розвідувальної свердловини вписаний процентний вміст корисного компоненту руди, розподіл якого необхідно зобразити ізолініями з інтервалом в 5%.

В чарунках 1, 2, 7, 8, 9 зміна вмісту компоненту йде по периметру, отже побудова ізоліній в них вирішується однозначно. Така ж сама Однозначність вирішення буде і в чарунці 4, в якій зміна вмісту компоненту йде по одній з діагоналей. В чарунках 3, 5 і 6 зміна йде по обох діагоналях. Формально тут маємо невизначеність. Але по умовам вдачі в інтервалах між середніми значеннями компонента 41.9 – 42.6% в чарунці 3 і 41.9 – 42.6% в чарунці 6 не має місця для числа кратного 5% і тому невизначеність в цих чарунках не виникає.

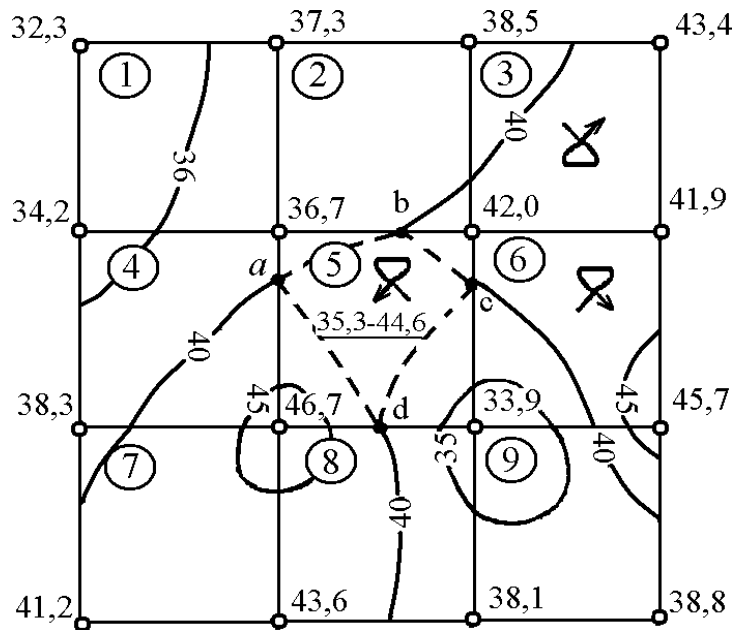


Рис. 1.3. Побудова плану ізолій вмісту компоненту в руді

В чарунці 5, де зміна йде також через дві діагоналі, числами, що знаходяться в середині ряду з 36.7 4 – 42.6%. На цьому інтервалі є місце для ізолінії 40%, яка має невизначене рішення.

Тому при складанні якісного плану цю ізолінію необхідно обривати на межі чарунки 5 в точках a, b, c, d (рис. 1.3). Якщо провести ізолінії в напрямках ab і cd то можливо припустити, що в центрі чарунки 5 вміст дорівнює 44.6%. Якщо ж з'єднати плавними лініями попарно точки ad і bc можливо чекати в центрі цієї ж чарунки вміст компоненту рівним 35.3%.

Обидва варіанти однаково можливі Тому замість зображення розподілення компоненту в цій чарунці необхідно вписати вміст 35.3 – 44.6%, що буде вказувати на недостатність вивченості показника покладу, яким ми цікавимося.

Подібний аналіз повноти розвідки корисно проводити в процесі самої розвідки. Це дозволило б своєчасно ліквідувати недоліки в розвідці і можливо скоротити число розвідувальних виробок в тих місцях, де в них не виникає потреби.

1.2. Завдання та вихідні дані

Завдання. Ділянка родовища розвідана квадратною мережею із стороною квадрата 150м. Користуючись геометричним критерієм необхідно виявити чарунки в яких виникає невизначеність і побудувати два варіанти ізопотужностей для даної ділянки з урахуванням виявлених невизначеностей.

Вихідні дані:

Таблиця 1.1 – Значення потужностей покладу (варіанти завдань)

Но ме р	А	Б	В	Г	Д	Є	Ж	З	І	К	Л	М	Н	О	П
1	6,4	0,8	1,5	9,0	7,1	7,6	5,7	2,8	1,6	5,2	8,9	5,8	7,8	4,5	3,4
2	6,1	7,6	1,3	4,5	4,7	8,0	5,3	2,7	3,5	2,4	4,8	2,3	4,1	2,7	1,3
3	1,4	1,7	6,7	3,6	0,4	9,4	6,5	3,6	8,3	1,6	6,6	8,3	2,8	2,1	4,8
4	2,7	5,9	5,2	0,6	4,3	8,7	5,5	2,4	2,2	5,7	4,6	8,6	2,6	7,1	1,4
5	6,1	3,1	7,9	2,3	7,9	8,6	5,2	1,9	6,7	3,5	3,4	2,9	1,1	9,3	1,3
6	2,5	4,3	4,1	6,4	14	3,2	6,7	2,1	3,4	4,9	2,7	7,2	3,0	8,2	5,9
7	2,4	1,6	5,7	3,5	4,9	5,4	2,8	5,6	8,9	4,1	4,8	2,3	4,1	2,7	1,5
8	3,5	8,3	2,2	6,7	3,4	7,5	8,4	9,2	2,4	4,4	6,6	8,3	2,8	2,1	4,8
9	2,7	3,6	2,4	1,9	2,1	9,6	8,2	2,9	8,6	4,7	4,6	8,6	2,6	7,1	1,4
10	5,3	6,5	5,5	5,2	6,7	1,7	1,1	6,7	3,3	4,9	5,9	5,7	1,9	6,4	5,9
11	8,0	9,4	8,7	8,6	3,2	3,7	3,8	4,6	6,5	4,7	3,8	6,5	9,1	1,7	4,3
12	2,5	4,3	4,1	6,4	4,4	5,7	6,5	8,6	8,3	2,3	6,8	9,2	1,7	4,1	6,9
13	5,9	5,2	0,6	4,3	2,1	1,8	9,1	2,6	2,8	4,1	4,6	8,6	2,5	7,1	1,4
14	3,1	7,9	2,3	7,6	3,4	5,6	1,7	1,5	9,7	3,3	5,1	5,8	1,1	9,4	8,3
15	4,3	4,1	6,4	4,4	8,0	1,5	4,3	1,4	4,8	1,7	2,6	7,1	1,4	5,9	5,7
			Я	Ю	Е	Щ	Ш	Ч	Ц	Х	Ф	У	Т	С	Р



1.3. Методичні вказівки до виконання індивідуальної роботи

1. На аркуші паперу формату А-3 в лівому верхньому кутку накреслити схему розвідувальної мережі розміром 8x10 см із стороною квадрата 2см. В вершинах квадратів, які приймаємо за устя свердловин, вписати послідовно значення потужностей свого варіанту вибраних із таблиці 1.1.

2. Вибрати з таблиці 1.1 дані величини потужності свого варіанту. Вихідні дані кожний студент вписує із рядка, який відповідає порядковому номеру даного студента в журналі групи і з колонки позначеною літерою, яка відповідає першій літері прізвища студента. Наприклад студент Ковальов А. В., який значиться в журналі групи під номером 7 вписує з рядка № 7 дані 2,4, 1,6...1,5 і з колонки "К" – 5,2, 2,4...1,7. Всього це складає 30 точок.

3. Користуючись геометричним критерієм, визначити напрямок зміни показника в кожній чарунці, як показано на рис 1.2. Чарунки, де виникає невизначеність зафарбувати в голубий колір.

4. В зафарбованих чарунках вписати значення показників, які мають подвійне рішення.

5. На цьому ж аркуші накреслити дві схеми розвідувальної мережі розміром 15x12см зі стороною квадрата 3см і побудувати два варіанти ізопотужностей в відповідності із зробленим аналізом, прийнявши висоту січення ізопотужностей 1,0м. Приписати до обох варіантів креслень масштаб 1:5000.

1.4. Приклад графічних побудов

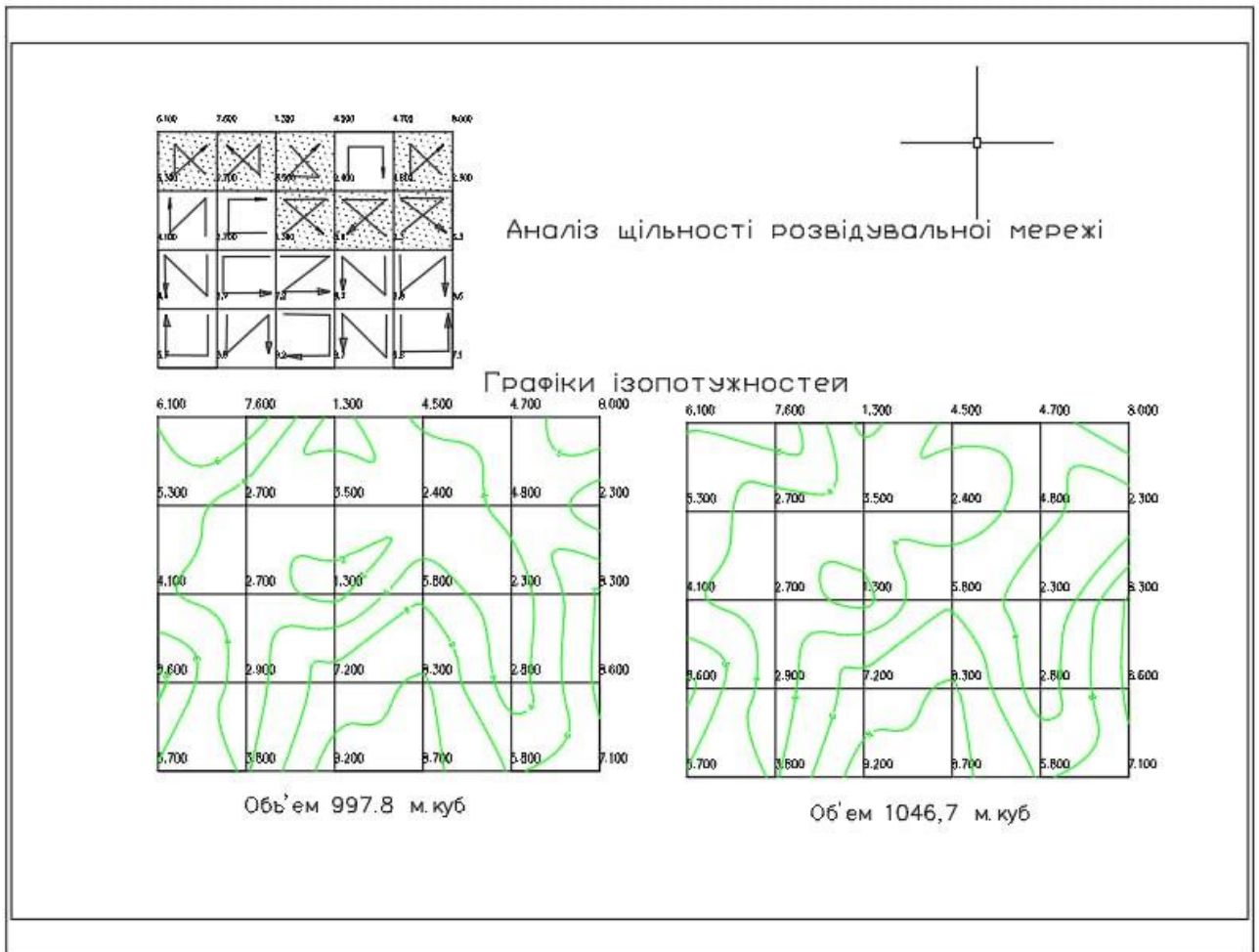


Рис. 1.4. Аналіз густини розвідувальної мережі



ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 2

ПІДРАХУНОК ЗАПАСІВ СПОСОБОМ ІЗОЛІНІЙ (ОБ'ЄМНОЇ ПАЛЕТКИ П.К. СОБОЛЕВСЬКОГО)

2.1. Загальні відомості щодо підрахунку запасів способом ізоліній

Спосіб ізоліній рекомендується застосовувати для підрахунку запасів однокомпонентної сировини, що залягає лінзоподібно, наприклад, для деяких типів родовищ піщано-гравійного матеріалу, бурого вугілля, залізних руд, бокситів, розсипів і інших копалин, особливо тих, що розробляються відкритим способом.

Для визначення обсягу тіла корисної копалини способом ізоліній необхідно побудувати план потужності в ізолініях. В цьому випадку рудне тіло, обмежене з боку висячого і лежачого боку складними поверхнями, перетворюється в рівновелике за обсягом тіло, обмежене з одного боку площиною, а з іншого - складною поверхнею.

Однією з різновидів способу ізоліній є спосіб об'ємної палетки П.К. Соболевського. Для підрахунку запасів способом об'ємної палетки необхідно мати план потужностей в ізолініях. Суть даного способу полягає в тому, що на план корисних копалин, зображений в ізопотужностях, при довільному орієнтуванні накладається палетка зі стороною 1 см, 2 см або 3 см. Тіло корисної копалини при цьому розділяється на ряд призм з однаковими підставами (1см × 1см, 2см × 2см або 3 см × 3 см). Обсяг кожної призми визначається як добуток площі основи призми на середню її висоту, яка відповідає вертикальній потужності тіла в центрі підстави призми. Для визначення сумарного значення потужності заповнюється формуляр (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 - Формуляр для визначення сумарного значення потужності

Потужність в центрах квадратів палетки	Потужність в центрах квадратів палетки								Σh
Σh									

Розміри формуляра визначаються кількістю точок палетки, укладених в контурі тіла з урахуванням додаткових стовпчика і рядка для визначення сумарного значення потужності. Так як підстави всіх призм однакові і рівні на плані, то для обчислення обсягу всього тіла досить підсумувати потужності по всіх точках (центри квадратів палетки в межах контуру тіла) і отриману суму помножити на площу основи призми (площа квадрата палетки). Обсяг тіла корисної копалини дорівнює:

$$V = S \cdot \sum h, \quad (2.1)$$

де S - площа одного квадрата палетки в масштабі плану, m^2 ; $\sum h$ - сума потужностей тіла по всім квадратам палетки, м.

Обсяг тіла корисної копалини необхідно визначати мінімум при двох положеннях палетки.

Запаси корисних копалин на ділянці підрахунку визначаються за формулою:

$$Q = V \cdot \gamma = S \cdot \sum h \cdot \gamma, \quad (2.2)$$

де V - об'єм корисної копалини, m^3 ; γ - об'ємна вага корисних копалин, t / m^3 .

Допустиме розходження при двох визначеннях запасів способом об'ємної палетки не повинно перевищувати 3%.



2.2. Завдання та вихідні дані

Завдання. Використовуючи план ізопотужностей для двох варіантів (А і Б), які отримані в результаті виконання індивідуальної роботи 1, визначити запаси корисних копалин способом об'ємної палетки.

Вихідні дані:

План ізопотужностей для варіантів А і Б (Результат виконання індивідуальної роботи 1). Питома вага руди на ділянці підрахунку запасів $\gamma = 2,5 \text{ т/м}^3$.

2.3. Методичні вказівки до виконання індивідуальної роботи

1. Виготовити палетку зі стороною 2 см.
2. Палетку довільно накласти на плани ізопотужностей і в центрі кожного квадрата палетки визначити значення потужностей. Визначення потужностей для варіантів А і Б виконати при двох різних положеннях палетки. Результати замірів потужності занести в формуляр (таблиця 1). Визначити сумарне значення потужності для кожного варіанту при двох положеннях палетки. Для варіанту А і для варіанту Б розрахувати середнє значення сумарної потужності (Σh_{cpA} - для варіанта А ; Σh_{cpB} - для варіанта Б).
3. Виходячи з масштабу і розміру сторони квадрата палетки, розрахувати площу S_i одного квадрата палетки в квадратних метрах. Наприклад, якщо сторона квадрата дорівнює 2 см і масштаб плану 1: 5000, площа одного квадрата складе 10000 м^2 .
4. Користуючись формулою (2.2), підрахувати запаси руди для варіантів А і Б.
5. Порівняти результати підрахунку запасів для варіантів А і Б (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 - Порівняння результатів підрахунку запасів

Варіанти	Запаси (Q), тис.т	Різниця	
		тис.т	%
А			
Б			

Примітка: Якщо розрахунки планується виконувати в програмних продуктах AutoCAD або K-Mine, попередньо виконати масштабування креслення, виходячи з того, що масштаб креслень прийнято 1:5000.



ЛІТЕРАТУРА

1. НПАОН 74.2-1.07-21. Правила виконання маркшейдерських робіт під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин. [Чинний від 2021-03-31]. Вид. офіц. Київ : 260, 2021. 260 с.
2. НПАОН 74.2-5.02-00. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах. Інструкція (КД 12.06.203-2000). [Чинний від 2001-07-01]. Вид. офіц. Донецьк : ТОВ "АЛАН", 2001. 264 с.
3. Маркшейдерська справа : підручник / Г. О. Антипенко та ін. ; за ред. Г. О. Антипенка. Дніпро : НГУ, 2011. 152 с.
4. Третенков В. М. Основи маркшейдерської справи при будівництві підземних гірничих виробок і транспортних тунелів : навчальний посібник. Одеса : ОДАБА, 2020.

ПРИКЛАД ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра гірничої справи

Індивідуальне завдання №

з навчальної дисципліни

«ГЕОМЕТРІЯ НАДР (підрахунок запасів) »

Варіант №_

Здобувача групи ГСм-ХХ-ХХ
Прізвище Ім'я По батькові

Керівник:
к.т.н., доцент
Г.В. Бруй

Запоріжжя, 20ХХ



Навчально-методичне видання

**Бруй Ганна Валеріївна
Назаренко Валентин Олексійович**

**ГЕОМЕТРІЯ НАДР:
методичні рекомендації
до виконання індивідуальних завдань**

Самостійне електронне мережеве видання
Публікується в авторській редакції