



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **162830** (13) **U**
(51) МПК (2026.01)
G01V 9/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2025 03403	(72) Винахідник(и): Булат Анатолій Федорович (UA), Безручко Костянтин Андрійович (UA), Приходченко Олексій Васильович (UA)
(22) Дата подання заявки: 14.07.2025	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 30.04.2026	(73) Володілець (володільці): ІНСТИТУТ ГЕОТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ ІМ. М.С. ПОЛЯКОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Сімферопольська, 2а, м. Дніпро, 49005 (UA)
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 29.04.2026, Бюл.№ 17	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД

(57) Реферат:

Спосіб визначення деформацій масиву гірських порід включає буріння розвідувальних свердловин, проведення стандартних робіт з геолого-геофізичних досліджень, визначення позначок підшви досліджуваного пласта, за якими будують структурну карту або гіпсометричний план. Намічають лінії перерізу, за якими виконують оцінку відносних лінійних деформацій, визначення довжини кривої, яка з'єднує вибрані реперні точки, визначення відстані напряду між цими точками. Розрахунок значення шуканого коефіцієнта відносної лінійної деформації досліджуваного пласта проводять шляхом ділення відповідної визначеної довжини кривої на довжину відтинку прямої, що з'єднує вибрані точки. Відтинок між визначеними точками поділяють на окремі інтервали-відтинки, з кроком, що відповідає перерізу ізоліній на структурній карті або гіпсометричному плані. Визначають координати x , y , z у кожній точці та за формулою Евклідової відстані $(\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2})$ знаходять довжину кожного окремого відтинка. Шукана довжина кривої розраховують як суму всіх окремих відтинків.

UA 162830 U

UA 162830 U

Корисна модель належить до геологічної галузі, а саме до робіт із визначення відносних лінійних деформацій масивів осадових гірських порід, і може служити для вирішення низки геологічних завдань, які безпосередньо пов'язані з дослідженням та виявленням тріщинуватості, яка була сформована під дією тектонічних сил у процесі складкоутворення, зокрема для пошуків та розвідки корисних копалин, скупчення та поклади яких пов'язані з тріщинуватими зонами осадової товщі, що утворилися внаслідок деформацій гірського масиву, які спричинили порушення суцільності порід та розвиток тріщинуватості.

Найближчим аналогом до корисної моделі є спосіб визначення коефіцієнта відносної лінійної деформації для прогнозування тріщинуватих зон у масиві осадових гірських порід [1], утворених за рахунок формування складчастості, який передбачає буріння свердловин, проведення геолого-геофізичних досліджень у свердловинах, визначення позначок підшови досліджуваного пласта, за якими будується структурна карта або гіпсометричний план. Далі намічають лінію перерізу, за якою надалі виконують оцінку відносних лінійних деформацій, та дві точки на цій прямій, між якими планується визначити коефіцієнт відносної лінійної деформації, установлюють рівняння, що описує вертикальну площину, яка проходить через вибрані точки, розраховують за масивом всіх позначок підшови досліджуваного пласта багатовимірний інтерполюючий поліном, в якому першим аргументом виступає масив координат x , y розташування свердловин та координата z (позначка підшови пласта в кожній зі свердловин). Після цього шляхом розв'язання системи двох рівнянь (рівняння вертикальної січної площини та рівняння інтерполюючої поверхні найбільш наближеної до реальної геологічної поверхні) знаходять рівняння кривої, яка є перерізом вертикальної січної площини та поверхні, найбільш наближеної до реальної (це крива, яка з'єднує вибрані реперні точки в межах інтерполюючої поверхні у вертикальній площині), та виконують розрахунок довжини кривої, між заданими точками, як чисельна апроксимація інтегралу рівняння кривої перерізу у межах інтегрування координат x між обраними точками, визначають відстань між точками початку та кінця відтинку на прямій, з використанням формули Евклідової відстані, яка має вигляд:

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad (1),$$

та розраховують значення шуканого коефіцієнта відносної лінійної деформації досліджуваного пласта, шляхом ділення суми визначених довжини кривої та довжини відтинків прямої, що з'єднує вибрані точки. Недоліками цього способу є:

- вибір рівняння багатовимірного інтерполюючого поліному, який найбільш відповідає реальній поверхні і застосовується в розрахунках, є суб'єктивним;

- багатовимірний інтерполюючий поліном, який застосовується в розрахунках, у будь-якому випадку є віртуальною моделлю, яка відрізняється від реальної геологічної поверхні досліджуваного пласта;

- алгоритм математичних розрахунків є надто складним в частині розв'язання системи двох рівнянь (рівняння вертикальної січної площини та рівняння інтерполюючої поверхні найбільш наближеної до реальної поверхні) та чисельної апроксимації інтегралу рівняння кривої, що поєднує обрані точки спостережень.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення простого та надійного способу визначення коефіцієнта відносної лінійної деформації масиву гірських порід для прогнозування тріщинуватих зон осадової товщі, сформованими за рахунок складчастості.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення деформацій масиву гірських порід, що включає буріння розвідувальних свердловин, проведення стандартних робіт з геолого-геофізичних досліджень, визначення позначок підшови досліджуваного пласта, за якими будується структурна карта або гіпсометричний план, намічаються лінії перетину, за якими надалі буде виконано оцінку відносних лінійних деформацій, визначення довжини кривої, яка з'єднує вибрані реперні точки, визначення відстані напряду між цими точками, та розрахунок значення шуканого коефіцієнта відносної лінійної деформації досліджуваного пласта, шляхом ділення відповідної визначеної довжини кривої на довжину відтинку прямої, що з'єднує вибрані точки, згідно з корисною моделлю, відтинок між визначеними точками поділяють на окремі інтервали-відтинки, з кроком, що відповідає перерізу ізоліній на структурній карті або гіпсометричному плані, визначають координати (x, y, z) у кожній точці та за формулою

Евклідової відстані $\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$ знаходять довжину кожного окремого відтинка, а шукану довжину кривої розраховують як суму всіх окремих відтинків.

Реальна геологічна поверхня є досить складною, у перерізі вона зазвичай хвилеподібна з різноманітною амплітудою хвиль. Її форма не є правильною, оскільки вона формується

протягом тривалого геологічного часу під дією великої кількості різноспрямованих тектонічних напруг, що накладаються одна на одну, і у більшості випадків не може бути достеменно охарактеризована математичним рівнянням. Натомість її довжину, за потреби, з високим ступенем ймовірності можна визначити. Суть способу полягає у тому, що він базується на аналізі структурної будови осадових порід шляхом геолого-геофізичних досліджень у розвідувальних свердловинах. Основою методу є побудова структурної карти або гіпсометричного плану за позначками підшви пласта та визначення перетину лінії спостереження з ізогіпсами досліджуваного пласта для оцінки значень коефіцієнта відносної лінійної деформації. Відтинки між реперними точками поділяють на малі інтервали, координати x , y , z яких визначають за перерізом ізоліній та лінії спостереження в кожній точці. Довжина кривої між точками обчислюється за сумою довжин великої кількості окремих відтинків, розрахованих за формулою Евклідової відстані, які на достатньо малих проміжках є умовно прямими. Коефіцієнт відносної лінійної деформації визначається як відношення отриманої довжини кривої до прямої відстані між реперними точками (розраховується також за формулою Евклідової відстані за відповідними координатами).

Зазначений спосіб дозволяє визначити значення коефіцієнта відносної лінійної деформації пласта гірських порід осадової товщі, деформація якої спричинена дією тектонічних напружень, що дозволяє оцінити чи досягли деформації масиву критичної межі для порушення суцільності порід та формування тріщинуватості, що дозволяє за значеннями відносних лінійних деформацій прогнозувати зони тріщинуватості у геологічному масиві гірських порід.

Суть способу, що запропонований, пояснюється кресленнями на фігурах 1 і 2.

На фігурі 1 зображений гіпсометричний план вугільного пласта n_1 на ділянці поля шахти "Бутівська" з точками дослідження А та В, між якими виконується розрахунок коефіцієнта відносної лінійної деформації.

На фігурі 2 зображена схема розрахунку довжини прямої $AB_{пр}$ та довжини кривої (за окремими точками) $AB_{кр}$.

На фігурах наведені такі позначення.

1 - номер та місце розташування розвідувальної свердловини, 2 - ізогіпси досліджуваного вугільного пласта з позначками глибини залягання пласта, 3 - точки перерізу лінії дослідження АВ та ізогіпсами вугільного пласта n_1 .

За результатами розвідувального буріння у межах поля шахти "Бутівська" визначені позначки підшви вугільного пласта n_1 , за якими побудовано гіпсометричний план відповідно до розташування кожної свердловини. Вибрано точки А та В, між якими планується визначити коефіцієнт відносної лінійної деформації вугільного пласта n_1 . Інтервал А-В розділено на окремі відтинки між точками перерізу лінії АВ та ізогіпсами вугільного пласта n_1 . Визначені координати (x , y , z) всіх точок на прямій АВ (таблиця). За рівнянням Евклідової відстані (1). Розраховані довжини всіх відтинків на прямій АВ - 32,70, 35,18, 37,09, 37,82, 37,82, 40,09, 43,19, 45,41, 50,39, 50,74, 52,65, 54,56, 57,63, 57,59, 60,68, 62,21, 63,71, 63,34, 68,27, 27,42, 93,37, 254,06 м.

Дані для розрахунку відстаней відтинків на прямій АВ_{пр}.

Точки	x	y	z
1	2271	1987	-905
2	2293	2011	-900
3	2318	2035	-895
4	2345	2060	-890
5	2372	2086	-885
6	2399	2112	-880
7	2427	2140	-875
8	2459	2168	-870
9	2492	2200	-865
10	2529	2234	-860
11	2565	2269	-855
12	2603	2305	-850
13	2642	2342	-845
14	2684	2381	-840
15	2725	2422	-835
16	2769	2463	-830
17	2815	2505	-825
18	2861	2549	-820
19	2907	2592	-815
20	2955	2640	-810
21	2976	2657	-805
22	3043	2722	-810
23	3226	2899	-815

Розрахована довжина кривої АВ_{кр}, що з'єднує точки А та В, як сума довжин всіх відтинків на лінії АВ. Вона дорівнює 1325,92 м. За відповідними координатами точок А (х_а, у_а, z_а) та В (х_в, у_в, z_в) розрахована довжина прямої АВ_{пр} за формулою (1). Вона у даному випадку склала 1323,08 м. Шляхом ділення відстані кривої АВ_{кр} на довжину прямої АВ_{пр}, знаходимо шуканий коефіцієнт відносної лінійної деформації пласта n₁ у визначених межах А-В.

$$AB_{кр}/AB_{пр}=1325,92\text{ м}/1323,08\text{ м} = 1,00215.$$

Значення коефіцієнта відносної лінійної деформації складає 1,00215. Перевагами запропонованого способу є проведення визначення відносних лінійних деформацій пласта гірських порід, не за віртуальними математичними моделями досліджуваної геологічної поверхні, а за реальними фактичними позначками підшови пласта, визначеними під час буріння геолого-розвідувальних свердловин. До переваг способу також належить віднести простоту його реалізації на відміну від необхідності побудови складних віртуальних математичних моделей та вибору моделі, яка найбільш адекватно відповідає реальній поверхні. Визначення, яке виконане за наведеним способом, надає можливість розрахувати коефіцієнт відносної лінійної деформації пласта гірських порід, за величиною якого можливо спрогнозувати ділянки, де деформації розтягування перевищили критичну межу, яка призводить до утворення у гірському масиві зон тріщинуватості.

Джерело інформації:

1. Bezruchko K.A., Larionov H.I., Prykhodchenko O.V., Hladka M.O. Methodology for determining relative linear deformations in a rock massif of the sedimentary strata / Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu - 2024. - № 6.- Р. 13-20. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-6/013>.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення деформацій масиву гірських порід, що включає буріння розвідувальних свердловин, проведення стандартних робіт з геолого-геофізичних досліджень, визначення позначок підшови досліджуваного пласта, за якими будують структурну карту або гіпсометричний план, намічають лінії перерізу, за якими виконують оцінку відносних лінійних

- 5 деформацій, визначення довжини кривої, яка з'єднує вибрані реперні точки, визначення відстані напряму між цими точками, та розрахунок значення шуканого коефіцієнта відносної лінійної деформації досліджуваного пласта проводять шляхом ділення відповідної визначеної довжини кривої на довжину відтинку прямої, що з'єднує вибрані точки, який **відрізняється** тим, що відтинки між визначеними точками поділяють на окремі інтервали-відтинки, з кроком, що відповідає перерізу ізолій на структурній карті або гіпсометричному плані, визначають координати x , y , z у кожній точці та за формулою Евклідової відстані $(\sqrt{(x_1-x_2)^2 + (y_1-y_2)^2 + (z_1-z_2)^2})$ знаходять довжину кожного окремого відтинка, а шукану довжину кривої розраховують як суму всіх окремих відтинків.

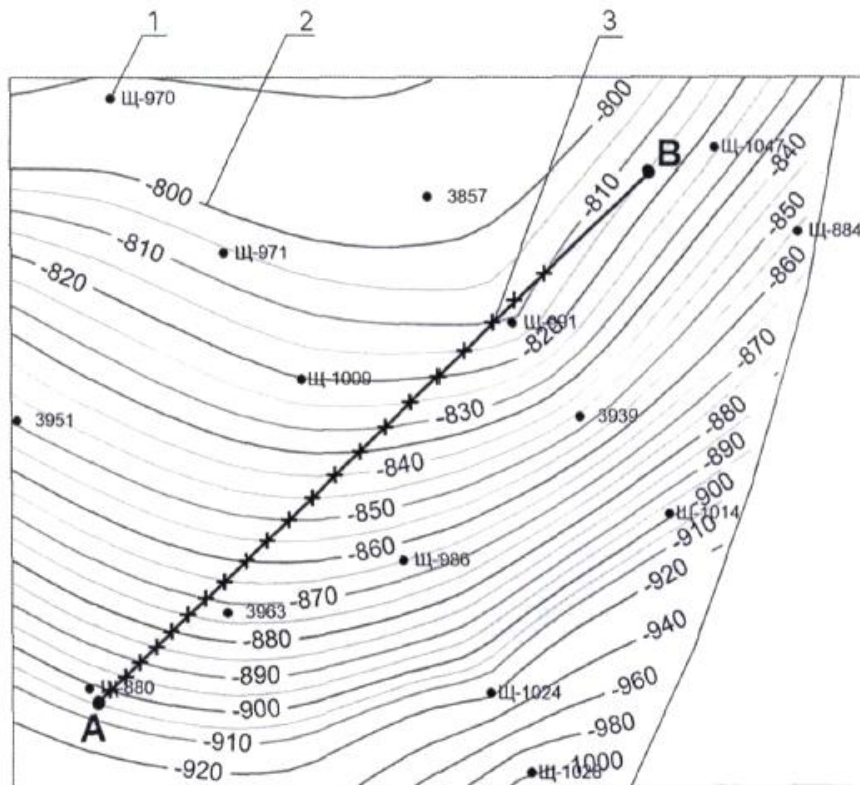


Fig. 1

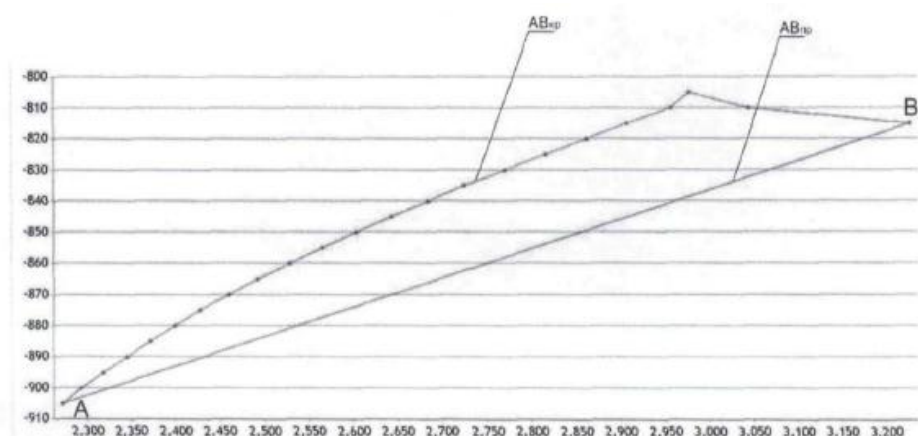


Fig. 2