

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

ГОРЕЛКІН АНАТОЛІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ



УДК 622.243.272

**ЗАКОНОМІРНОСТІ БУРІННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ
СВЕРДЛОВИН ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ У ШАРУВАТОМУ
ПОРОДНОМУ МАСИВІ**

Спеціальність 05.15.04 – «Шахтне та підземне будівництво»

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ – 2012

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Публічному акціонерному товаристві «Державна холдингова компанія «Спецшахтобуріння»».

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Левіт Віктор Володимирович,
генеральний директор ТОВ «ШСК
«Донецькшахтопроходка»».

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Бузило Володимир Іванович,
декан гірничого факультету, професор кафедри підземної
розробки родовищ Державного вищого навчального
закладу «Національний гірничий університет»
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
(м. Дніпропетровськ);

кандидат технічних наук,
Царенко Сергій Миколайович
доцент кафедри опору матеріалів Державного вищого
навчального закладу «Донецький національний технічний
університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту
України.

Захист дисертації відбудеться «20» квітня 2012 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.08.080.04 у Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Дніпропетровськ).

Автореферат розісланий «20» березня 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої
ради



Солодянкін О.В.

Загальна характеристика роботи

Актуальність досліджень. Аналіз стану світової економіки показує, що однією з основних проблем розвитку країн найближчим часом стане дефіцит мінеральних та енергетичних ресурсів. Оскільки розвідані родовища корисних копалин на малих і середніх глибинах вже практично відпрацьовані, гірничі роботи мають тенденцію до збільшення глибини розробки з одночасною інтенсифікацією відпрацювання пластів і покладів. Для забезпечення необхідної продуктивності та безпеки функціонування гірничих підприємств, особливо у вугільній промисловості, необхідно істотно збільшити кількість і протяжність вертикальних виробок – стволів і свердловин великого діаметру. Для їх проходки існують дві технології: за допомогою буропідривних робіт (БПР) і шляхом буріння. На даний час все більший розвиток отримує технологія буріння вертикальних виробок, оскільки вона має низку переваг у порівнянні з БПР-технологією: безпека працюючих, темпи і якість об'єктів, що споруджуються. Однак, при цьому технологія буріння має і недоліки, основним з яких є відхилення осі виробок від вертикалі в процесі буріння. Відхилення стають значними під час перетинання вибоєм свердловини контакту двох шарів породи різної міцності. виправлення цього дефекту вимагає витрат часу і коштів, що, як наслідок, знижує ефективність способу.

Таким чином, дослідження процесу буріння вертикальних виробок при перетині ними шаруватих різноміцносних похилозалегаючих порід і розробка засобів, що запобігають відхиленням їх осі від вертикалі, є актуальною науково-технічною задачею, що має важливе народногосподарське значення.

Зв'язок роботи з науковими проблемами, планами і темами. Робота виконана відповідно до програми науково-дослідних робіт Національного гірничого університету, яка пов'язана з держбюджетною темою ГП-410 «Геомеханічне обґрунтування підземної технології інтенсивного видобування вугілля з урахуванням особливостей геологічного середовища» (№ держреєстрації 0108U000541).

Мета роботи полягає у встановленні закономірностей при відхиленні осі вертикальних стволів і свердловин великого діаметру в процесі їх буріння при перетинанні шаруватих різноміцносних порід і розробці способу збереження їх вертикальності.

Ідея роботи полягає у врахуванні напружено-деформованого стану порід навколо вибою вертикальної виробки при перетині буровим інструментом шарів порід різної міцності.

Об'єктом дослідження є процес буріння свердловини великого діаметра у шаруватих неоднорідних породах.

Предмет досліджень – напружено-деформований стан породного масиву при перетині вибоєм свердловини двох шарів різної міцності.

Основні задачі досліджень включають:

- аналіз джерел інформації в області спорудження вертикальних шахтних стволів і свердловин великого діаметру;

- виконання натурних досліджень якості пробурених вертикальних виробок;
- виконання статистичної обробки даних за дефектами, що виникають в процесі буріння вертикальних виробок;
- проведення чисельного моделювання напружено-деформованого стану порід навколо вибою виробки при перетині шарів різноміцносних порід;
- встановлення закономірностей відхилення вертикальної осі виробки при перетині нею шарів порід різної міцності;
- розробка способу збереження вертикальності виробок, що споруджуються способом буріння;
- оцінка економічної ефективності результатів застосування запропонованого способу у виробничих умовах.

Наукові положення, що виносяться на захист.

1. Фактичний коефіцієнт розробки, що визначає якість свердловини, при правильно підібраних параметрах бурового розчину не залежить від міцності порід, що перетинаються, збільшується в експоненціальній залежності зі збільшенням кута падіння породних шарів і рівня механічних напружень, які діють навколо вибою виробки, що дозволяє прогнозувати витрати будівельних матеріалів і довжину ділянок опрацювання.

2. Тангенс кута відхилення вертикальної осі бурового снаряда знаходиться в поліноміальній залежності від кута падіння і співвідношення міцності породних шарів, які перетинаються, що дозволяє на цій підставі управляти процесом буріння за допомогою важільного відхилювача.

Наукова новизна роботи:

1. Вперше запропоновано комплексний критерій аварійності, що дозволяє із загальної кількості аварій та ускладнень виділити найбільш істотні з них для процесу проходки вертикальних свердловин великого діаметру.

2. Вперше встановлено, що при правильно складеній рецептурі бурового розчину, якість буріння не залежить від глибини свердловини і ступеня метаморфізму порід, а визначається кутом падіння шарів порід, що перетинаються.

3. Доведено, що на процес буріння істотно впливає рівень напружень, які діють навколо вибою виробки, що споруджується.

4. Вперше на основі статистичного аналізу обґрунтовано для різних гірничо-промислових районів довжину ділянки свердловини, на якій обов'язково виконання профілактичних заходів з метою збереження вертикальності виробки.

5. На основі геомеханічної моделі вперше досліджено механізм відхилення осі свердловини від вертикалі, що дозволило на цій основі сконструювати важільний відхилювач - пристрій для усунення цього дефекту.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей відхилення вертикальної осі стволів і свердловин великого діаметру, що споруджуються способом буріння, в залежності від кута падіння структурно неоднорідних гірських порід.

Практичне значення роботи полягає у використанні встановлених закономірностей відхилення осі свердловини від вертикалі при конструюванні

та впровадженні в технологічний процес буріння вертикальних виробок важільного відхилювача (Патент на корисну модель № 1108 від 25.06.2010 р.).

Обґрунтованість і вірогідність наукових положень висновків та рекомендацій підтверджується використанням фундаментальних положень механіки гірських порід, застосуванням сучасних методів теоретичних досліджень, значним об'ємом статистичних досліджень, позитивним досвідом впровадження результатів досліджень в практику буріння свердловин великого діаметру.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні мети і основних завдань досліджень, зборі, обробці та аналізі інформації в області буріння вертикальних виробок, розробці розрахункових схем та виконанні чисельного моделювання напружено-деформованого стану складноструктурного породного масиву навколо вибою свердловини.

Реалізація роботи у промисловості. Впровадження важільного відхилювача було використано при проходці вертикальних свердловин великого діаметру у гірничо-геологічних умовах наступних об'єктів: ДП «Селідоввугілля», ш. Україна (2005 р., 2009 р.) ш. Росія (2010 р.), ДП «Лугансквугілля», ш. ім. 19 Партз'їзду КПРС (2004 р., 2010 р.), ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» ПСП ш. Ювілейна (2011 р.), ПАТ «ДТЕК Добропіллявугілля», ш. Добропільська (2011 р.).

Апробація результатів дисертації. Основні розділи дисертації доповідалися на технічних радах ПАТ «ДХК«Спецшахтобуріння» (м. Донецьк 2008 – 2011 р.р.), на наукових семінарах кафедри будівництва і геомеханіки Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ, 2009 - 2011 р.р.), на міжнародних науково-практичних конференціях «Форум гірників» (2008 р., 2011 р.), на міжнародних науково-технічних конференціях «Актуальні проблеми геомеханіки, шахтного та підземного будівництва» (Дніпропетровськ, НГУ, 2010) та «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений» (Донецк, ДонНТУ, 2010).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 8 статей, у т.ч. 5 у спеціалізованих виданнях, 3 у матеріалах науково-практичних конференцій та отримано 1 патент.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновку, списку літературних джерел з 121 найменування та 2 додатків. Робота викладена на 110 сторінках машинописного тексту, містить 81 малюнок, 13 таблиць. Загальний обсяг дисертації становить 196 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Успішне та безпечне функціонування гірничодобувних підприємств істотно залежить від кількості та якості споруджуваних вертикальних виробок - стволів і свердловин великого діаметру. Термін служби цих виробок вимірюється десятками, а іноді й сотнями років. До їх якості та швидкості спорудження ставляться підвищені вимоги, викликані тим, що ці виробки, як правило, мають велику глибину, перетинають породні шари різної міцності, що залягають під різними кутами, обводнені й газонасичені ділянки породного масиву. Все це зумо-

влює особливий розвиток геомеханічних процесів навколо вертикальних стволів і свердловин. Окрім того, своєчасне і якісне спорудження цих виробок прямо пов'язано з рівнем і безпекою видобутку корисних копалин, у тому числі, кам'яного вугілля, як це показано на рис. 1.

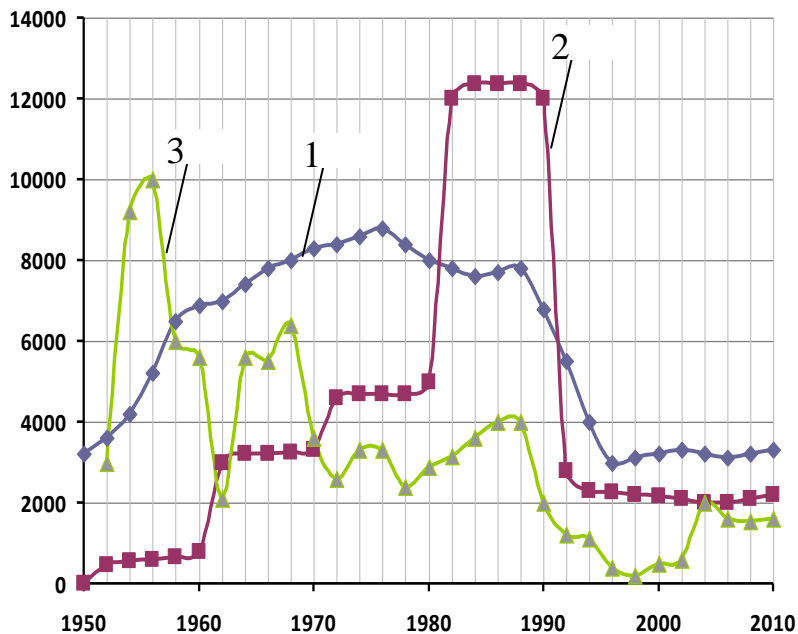


Рис. 1. Протяжність вертикальних виробок та щорічні обсяги видобутку вугілля: 1 – видобуток вугілля; 2 – спорудження вертикальних стволів БПР; 3 – спорудження вертикальних стволів бурінням

кв минулого століття обсяг робіт з будівництва вертикальних стволів в СРСР становив 20 км на рік. При цьому обсяг видобутого вугілля був пропорційний обсягу будівництва вертикальних виробок (див. рис. 1).

Частка стволів, пройдених бурінням, на той час склала 50 %. Так, за 60 років холдингом «Спецшахтобуріння» було пробурено понад 500 стволів і свердловин великого діаметру загальною довжиною 200 км.

На даний час основною тенденцією при будівництві вертикальних виробок є перехід до їх буріння з поверхні. Це безпечно, ефективно і дешевше, ніж із застосуванням БПР-технології. Особливо ефективно буріння флангових стволів діаметром до 4 м, що зазвичай передбачає класична схема реконструкції шахт. Багаторічний досвід буріння стволів в холдингу «Спецшахтобуріння» показує, що поява в структурі шахти нових вертикальних виробок дає додатково до 2500 м³ повітря, знижує депресію більш ніж на 60 мм, скорочує протяжність транспортних артерій від 2 до 12 км і, найголовніше, збільшує приріст видобутку вугілля до 30 %.

Однак, поряд з явними перевагами способу буріння вертикальних виробок є і недоліки, серед яких такі, як обвалення стінок, каверноутворення, викривлення вертикальної осі, які призводять до суттєвих перевитрат будівельних матеріалів, подорожчання і збільшення термінів будівництва. Так, аналіз даних про

В останні десятиліття застосування високопродуктивної видобувної техніки на вугільних шахтах призвело до того, що підземні комунікації істотно подовжилися, посилювалося метановиділення і погіршилося провітрювання підземних виробок. Єдиний шлях стабілізувати і поліпшити умови видобутку вугілля при зростаючих обсягах його – це спорудження вертикальних виробок: стволів і свердловин великого діаметру. На даний час для їх проходки використовують дві технології: способом буропідприємних робіт і способом буріння. До початку 90-х років

відхилення вертикальної осі пробурених свердловин на об'єктах ДХК «Спецшахтобуріння» показав, що в більшості випадків відхилення перевищують нормативні зі всіма витікаючими негативними наслідками.

Проте, на даний час, причини, що викликають викривлення свердловини в процесі буріння, вивчені недостатньо. У зв'язку з цим мета досліджень, виконаних в дисертації, полягає у встановленні закономірностей при відхиленні вертикальної осі свердловини від проектного значення та розробці способу збереження їх вертикальності.

Таким чином, збереження вертикальності свердловин, що споруджуються способом буріння, являє собою актуальну науково-технічну задачу, що має важливе народногосподарське значення.

Насамперед були проаналізовані всі позаштатні ситуації, що виникають при бурінні вертикальних свердловин великого діаметру. За масштабами прояву їх досить умовно поділяють на аварії та ускладнення. Аналіз частоти їх появи, тривалості часу ліквідації їх наслідків дозволив виявити ті, що найбільш істотно впливають як на швидкість проходки, так і на роботу виробничих ділянок в цілому. У табл. 1 наведено результати такого аналізу позаштатних ситуацій, які сталися на 500 об'єктах ВАТ «ДХК «Спецшахтобуріння».

Ступінь впливу витрат, пов'язаних з їх ліквідацією, на рівень рентабельності виробництва пропонується оцінювати показником Δ , який в дисертації названо індексом нештатної ситуації. Він визначається за формулою:

$$\Delta = \frac{P}{100 - T} \quad (1)$$

Тут P - ймовірність виникнення позаштатної ситуації у відсотках, T - частка часу, що витрачається на її ліквідацію, у відсотках від загального часу спорудження об'єкту.

Таблиця 1

Ймовірність виникнення та витрати часу на ліквідацію позаштатних ситуацій при бурінні вертикальних виробок

Позаштатні ситуації	Ймовірність виникнення, %	Витрати часу на ліквідацію, %	Індекс позаштатної ситуації, Δ
Аварія	20	1-3	0,21
Викривлення	90	6-12	1,0
Обвалення	30	1-2	0,30
Водопроявлення та поглинання	10	1-3	0,11

Як випливає з табл. 1, найбільше значення цей показник має для позаштатних ситуацій, пов'язаних з викривленням свердловин, що вибурюються. Таким чином, поставлена в дисертації мета отримала необхідне кількісне обґрунтування.

Буріння вертикальних виробок здійснюється в істотно неоднорідному породному середовищі. Неоднорідність викликається сукупністю різних за своєю природою чинників, таких як наявність шарів порід різної міцності, що залягають під різними кутами, геологічні порушення, рівень метаморфізму порід, наявність підземних вод, гравітаційна складова і т.п. Врахувати таку кількість різнорідних чинників в одній детермінованій моделі не уявляється можливим. Така модель не піддається аналізу. Тому в дисертації перевага була віддана ймовірно-статистичним моделям, підставою для яких послужили вимірювання, що були виконані в натурних умовах. Якість пробурених свердловин оцінювалася за даними каротажу, на основі якого можна судити про те, які фактичні відхилення від проектних отримує виробка у процесі проходки. У дисертації наведена методика виконання таких експериментів. Аналітичною основою її служить теорія випадкових функцій. Дослідження виконувалися в свердловинах великого діаметру, пробурених на шахтах Петропавлівського, Красноармійського, Донецько-Макіївського і Должанно-Ровенецького промислових районів.

Геологічною особливістю кожного з них є порівняно витримане стратиграфічне розташування пластів гірських порід з кутом залягання для Петропавлівського району $0-5^{\circ}$, для Красноармійського району $6-9^{\circ}$. У Должанно-Ровенецькому районі пласти гірських порід залягають під кутом $3-14^{\circ}$, в Донецько-Макіївському - під кутом $4-46^{\circ}$. Це забезпечує, приблизно, схожі умови для спорудження вертикальних виробок (свердловин) і, таким чином, однорідну вибірку при статистичному аналізі результатів каротажу.

Слід зазначити також, що ступінь метаморфізму порід, що пересікаються, різна. Вона є слабкою для Петропавлівського, середньої для Червоноармійського, високою для Донецько-Макіївського і дуже високою для Должанно-Ровенецького районів.

За основну досліджувану ознаку прийнятий фактичний коефіцієнт розробки, що дорівнює відношенню фактичного діаметра свердловини до нормативного:

$$K_{\phi} = \frac{D_{\phi}}{D_n} \quad (2)$$

Типові залежності зміни цього коефіцієнта від глибини свердловини на прикладі однієї шахти для кожного з районів наведено на рис. 2.

Їх аналіз показав, що всі вони являють собою випадкові функції параметра K_{ϕ} від глибини H_i і досить близько апроксимуються лінійними залежностями зі слабо вираженим зв'язком між функцією і аргументом.

$$y = ax + b \quad (3)$$

Таким чином, глибина свердловини практично не впливає на величину фактичного коефіцієнта розробки в одних і тих же гірничо-геологічних умовах. Однак, цей вплив проявляється в залежності від ступеня метаморфізму порід і переважаючого кута падіння шарів, що перетинаються. Виконаний аналіз показав, що фактичний коефіцієнт розробки збільшується в експоненційній залежності зі збільшенням кута падіння α і співвідношення міцності породних шарів:

$$K_{\delta} = 1,0705 \exp(0,0037 \alpha) \quad (4)$$

При цьому коефіцієнт варіації не нижче 0,87.

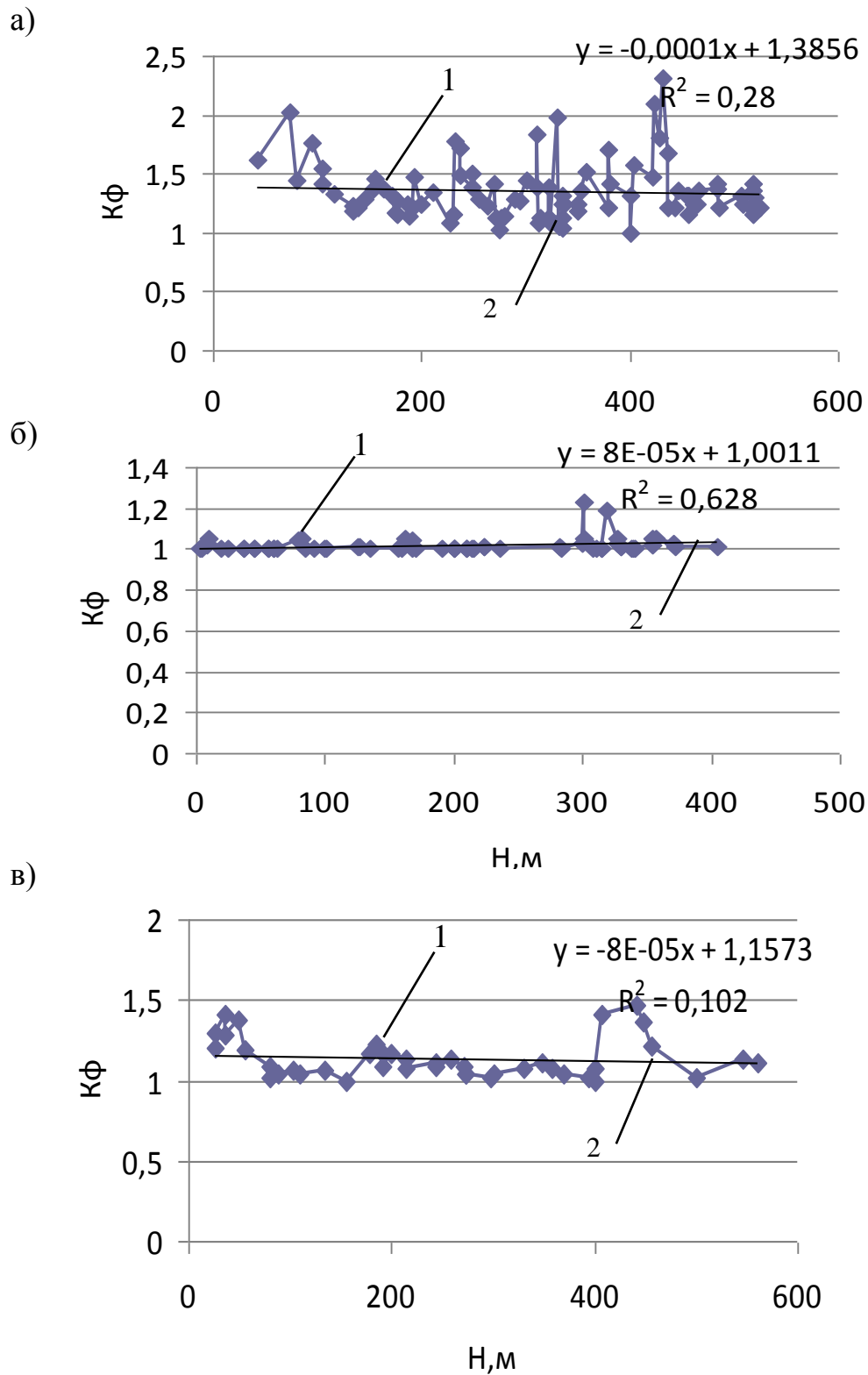


Рис. 2. Залежність коефіцієнту розробки K_{δ} від глибини залягання підшови пласта H_i : а – ш. Білозірська; б – «Войкова»; в – Нижньокримська

Комплексна оцінка стану свердловини виконана для тих же шахт шляхом аналізу зміни величини фактичного коефіцієнта розробки від комплексного геомеханічного показника. Таким загальноприйнятим параметром є геомеханічний показник Θ , який обчислюється за формулою:

$$\Theta = \frac{R_c k_c}{\gamma H_i} \quad (5)$$

Тут R_c – середнє значення межі міцності на одноосьовий стиск в межах досліджуваного інтервалу (шару), γ – щільність гірських порід, H_i – глибина розташування місця геофізичних вимірювань, k_c – коефіцієнт структурного послаблення.

Аналіз отриманих графіків показав, що всі вони досить близько описуються нелінійною функцією експоненціального виду. З неї випливає, що з глибиною буріння якість знижується внаслідок зростання рівня напружень у вибої свердловини.

На рис. 3-6 показані автокореляційні функції, що згруповані щодо обстежуваними районами.

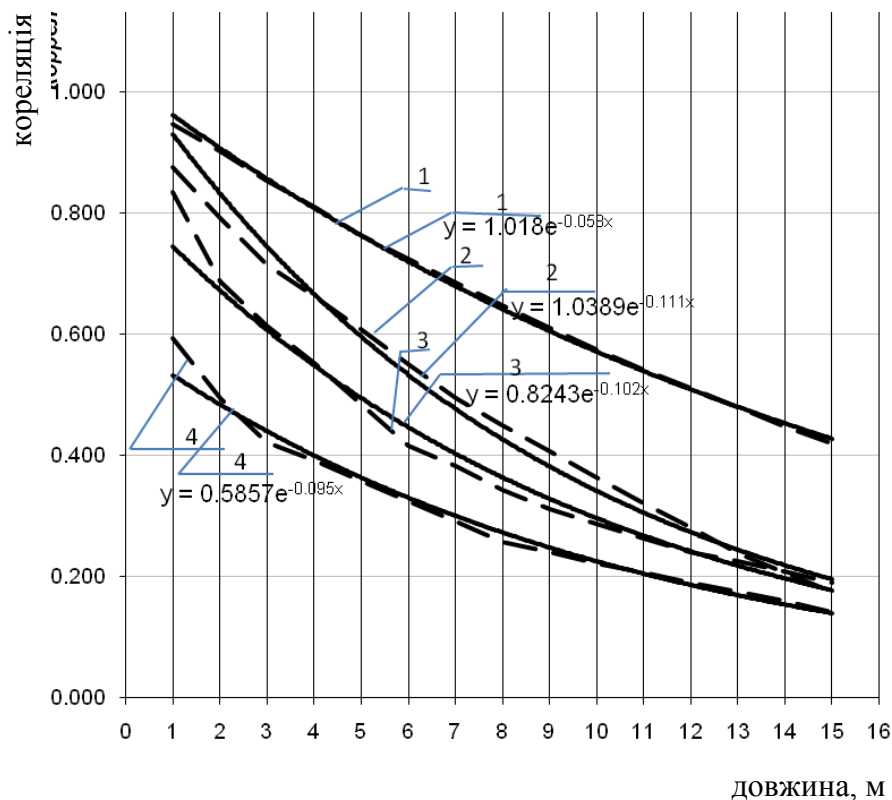


Рис. 3. Автокореляційні функції та їх апроксимації за даними для шахт Красноармійського району. Умовні позначення: — — апроксимуюча функція; — — автокореляційна функція; 1) для ш. «Білозірська»; 2) для ш. «Новодонецька»; 3) для ш. «Піонер»; 4) для ш. «Красноармійська»

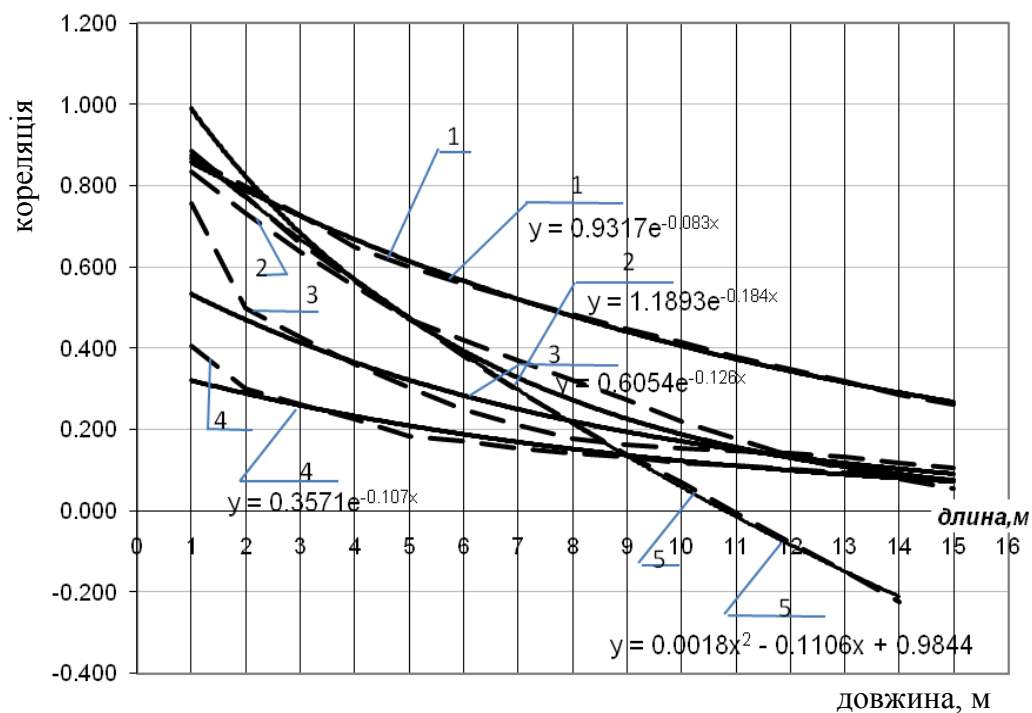


Рис. 4. Автокореляційні функції та їх апроксимації за даними для шахт Петропавлівського району. Умовні позначення: — - апроксимуюча функція; - - автокореляційна функція; 1) для ш. «Першотравнева»; 2) для ш. «Терновська»; 3) для ш. «Героїв Космосу»; 4) для ш. «Ювілейна»; 5) для ш. «Дніпровська»

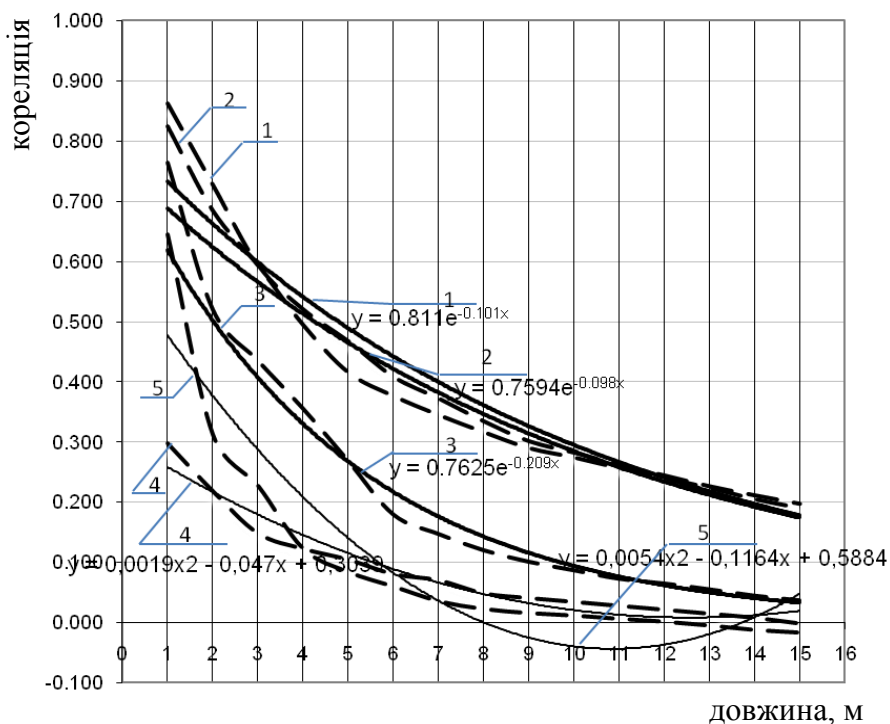


Рис. 5. Автокореляційні функції та їх апроксимації за даними для шахт Должаново-Ровенецького району. Умовні позначення: — - апроксимуюча функція; - - автокореляційна функція 1) для ш. «Космонавтів»; 2) для ш. «Войкова 2»; 3) для ш. «Свердлова»; 4) для ш. «Харківська»; 5) для ш. «Войкова»

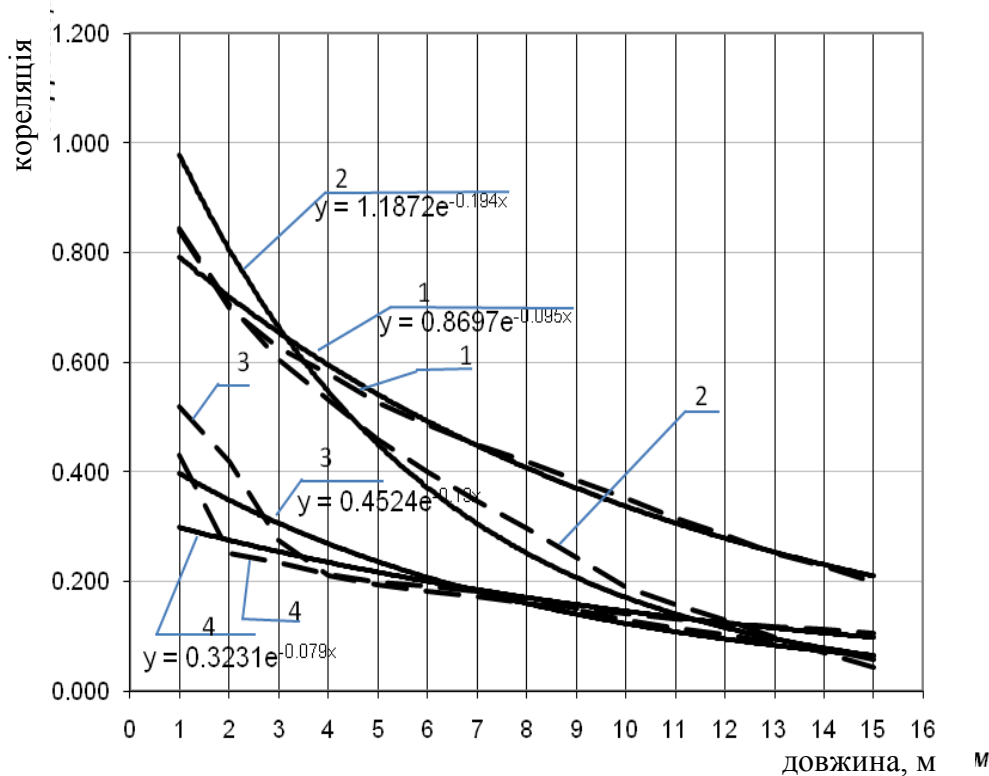


Рис. 6. Автокореляційні функції та їх апроксимації за даними для шахт Донецько-Макєєвського району. Умовні позначення: — апроксимуюча функція; — — - автокореляційна функція 1) для ш. «13-бис»; 2) для ш. «Нижньокринська»; 3) для ш. «ім. 60 років Радянської України 2»; 4) для ш. «ім. 60 років Радянської України»

Всі графіки мають вигляд спадаючих кривих, що говорить про стаціонарність випадкових функцій, і підпорядковуються наступній експоненційній залежності.

$$\hat{E}(a) = a \hat{a}^{bl}, \quad (6)$$

де a , b - коефіцієнти, l - довжина.

На їх основі можна оцінити довжину ділянки, в межах якого варто очікувати відхилення осі свердловини від проектного значення з тим, щоб виконати в його межах опрацювання свердловини. Визначено, що середня довжина цих контрольних ділянок по районах становить: для Петропавлівського - 16 м, для Красноармійського - 20 м, для Донецько-Макіївського - 28 м, для Должно-Ровенецького - 30 м.

На основі виконаних досліджень було доведено, що фактичний коефіцієнт розробки, який визначає якість свердловини, при правильно підібраних параметрах бурового розчину не залежить від міцності порід, що перетинаються, збільшується в експоненційній залежності зі збільшенням кута падіння породних шарів і рівня механічних напружень, які діють навколо вибою виробки. Це дозволяє прогнозувати витрати будівельних матеріалів і довжину ділянок опрацювання.

Для дослідження напружено-деформованого стану гірських порід навколо вибою вертикальної свердловини великого діаметру був прийнятий програмний комплекс Phase2 канадської компанії Rocscience. Програма реалізована на основі методу скінчених елементів. Адекватність чисельної процедури перевірена шляхом вирішення тестової задачі про розподіл напружень і переміщень навколо циліндричного отвору в нескінченному пружному середовищі.

Суть чисельних досліджень полягає у багатофазному моделюванні напружено-деформованого стану породного масиву в забої свердловини при перетині нею двох шарів різноміцносних гірських порід. Розглядаються дві ситуації:

- А - перехід бура з м'якої в тверду породу;
- Б - перехід бура з твердої в м'яку породу.

Для кожної ситуації передбачається зміна кута падіння породних шарів від 0 до 60° (0, 15, 30, 45, 60°). При кожному куті падіння досліджувалися три варіанти:

- бур торкається контакту між шарами;
- бур заглиблюється наполовину в нижній шар;
- бур повністю заглиблюється у породи нижнього шару.

Всього було досліджено 25 комбінацій можливих поєднань взаємного розташування бура і шарів порід. Для кожної з них встановлювалися компоненти напружень, деформацій і переміщень.

На рис. 7-8 наведені вектори повних переміщень для розглянутих ситуацій. Вони дають повне уявлення про те, як і в який бік відбувається відхилення вертикальної осі свердловини в залежності від типу порід, що перетинаються.

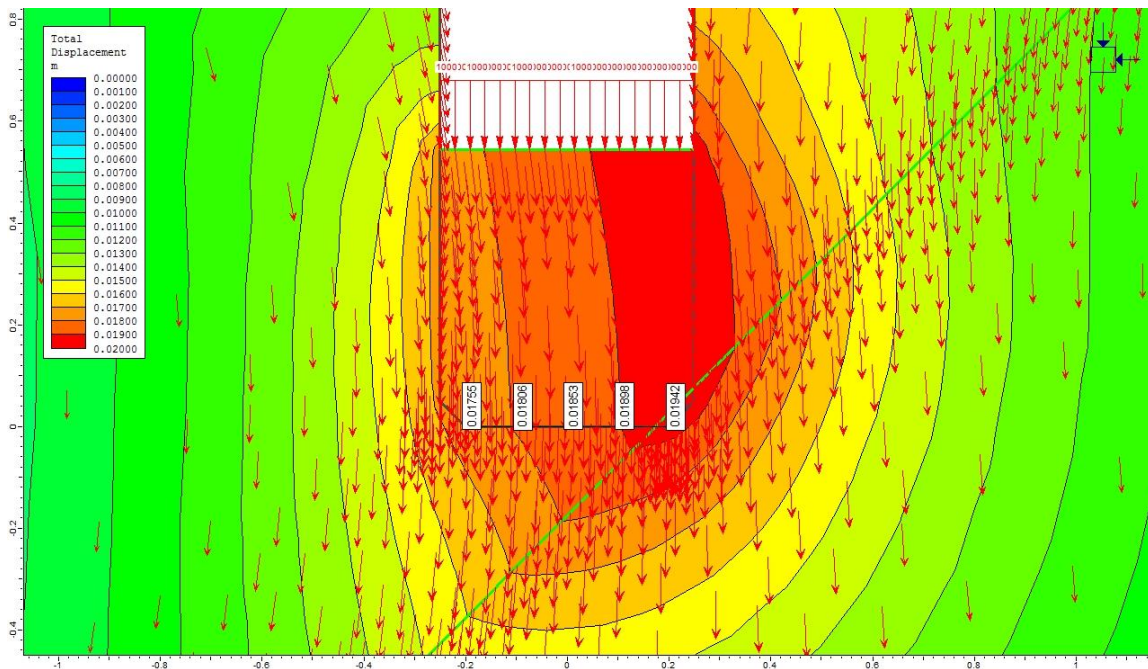


Рис. 7. Поле переміщень при дотику бура м'якої породи (ситуація А)

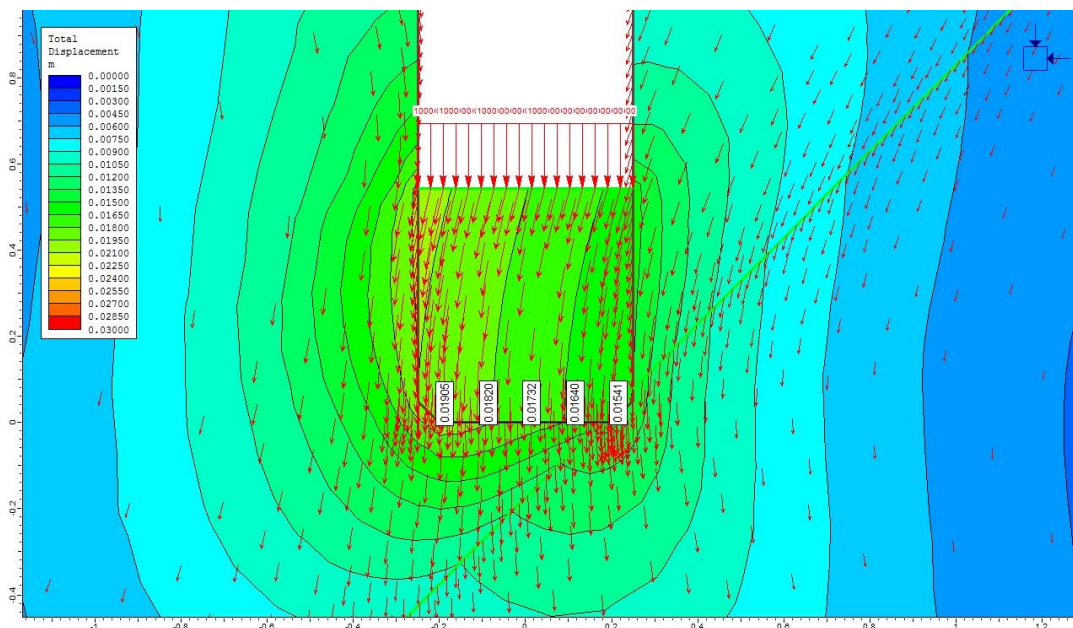


Рис. 8. Поле повних переміщень при дотику бора твердої породи (ситуація Б)

На рис. 9-10 показано результуючі відхилення бурового снаряду відносно до початкового його положення для розглянутих ситуацій.

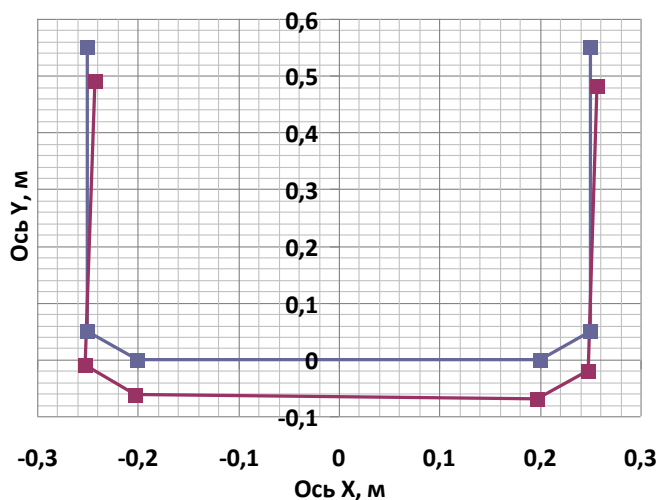


Рис. 9. Результуюче відхилення вертикальної осі бурового снаряду при виході із «твердої» породи в «м'яку»

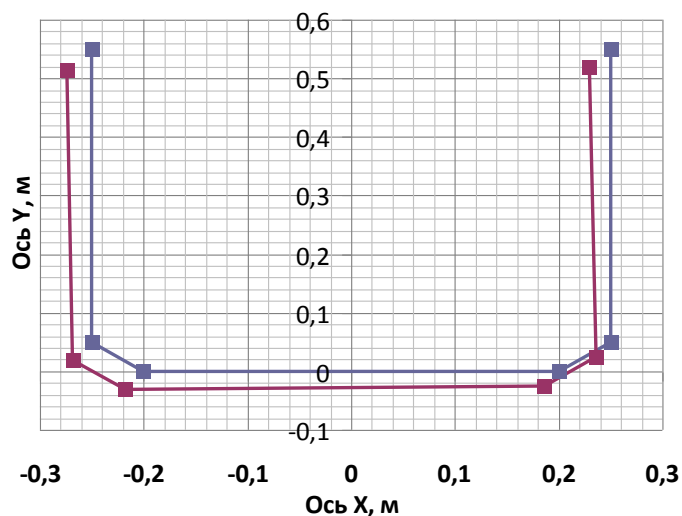


Рис. 10. Результуюче відхилення вертикальної осі бурового снаряду при виході із «м'якої» породи в «тверду»

Чітко видно, що кут відхилення осі бора від вертикалі залежить від того, в яку породу він входить: тверду або м'яку. Розрахунки аналогічні наведеним були виконані і для інших кутів залягання гірських порід.

На рис. 11 показано узагальнюючі графіки залежності тангенса кута відхилення вертикальної осі від кута падіння породних шарів. Їх досить близько апроксимовано поліномом другого ступеня з коефіцієнтом варіації 0,99:

$$y = -ax^2 + bx + c .$$

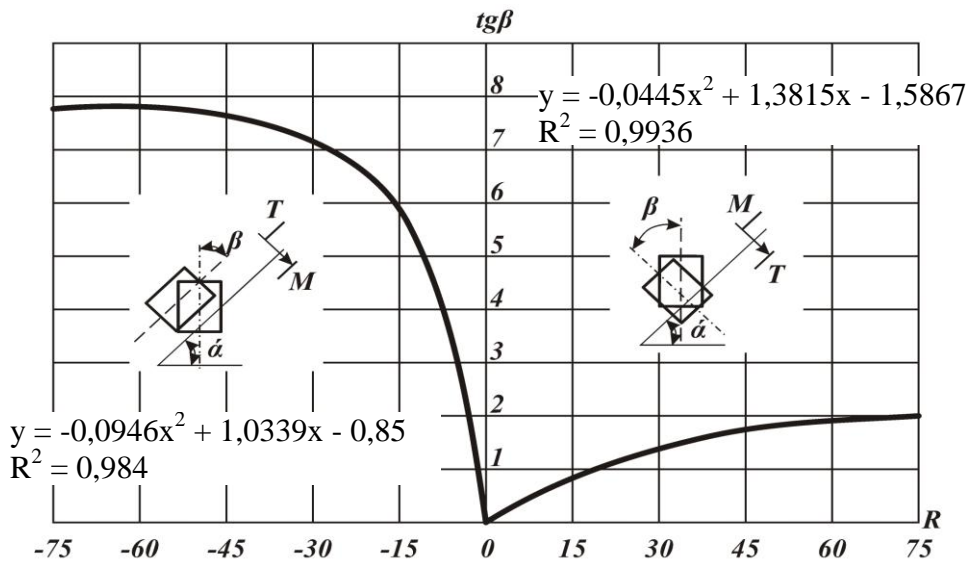


Рис. 11. Залежність тангенса кута відхилення вертикальної осі бурового снаряду від кута падіння породних шарів

На основі виконаних досліджень було встановлено, що тангенс кута відхилення вертикальної осі бурового снаряду знаходиться в поліноміальній залежності від кута падіння і співвідношення міцності породних шарів. Це дозволяє управляти процесом буріння за допомогою важільного відхилення.

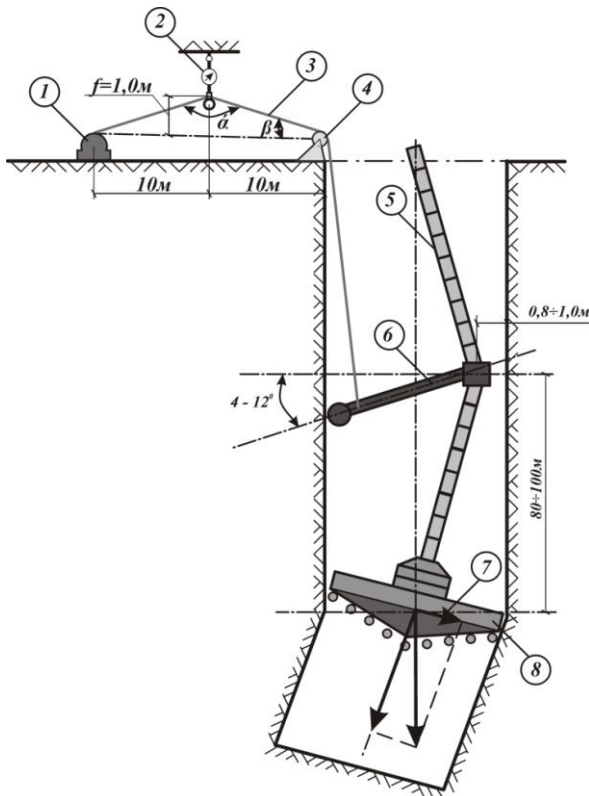


Рис. 12. Схема монтажу відхиляючого пристрою: 1 – лебідка; 2 - динамометр; 3 – тяговий канал; 4 – направляючий ролик; 5 – бурильні труби; 6 – відхиляючий пристрій; 7 – прижимне зусилля; 8 – бур

Усунення відхилення фактичної осі свердловини від вертикальної проводиться шляхом розбурювання породного масиву з боку, так званого, «лежачого боку» шляхом багаторазового опрацювання викривленої частини буром, що вільно висить. Це тривалий, дорогий і малоефективний спосіб. Набагато ефективнішим є застосування запропонованого в дисертації спеціального механічного пристрою - відхилювача, що дозволяє вести контроль якості робіт у процесі усунення виявленого дефекту. Конструкція і спосіб застосування пристрою запатентовані. Загальний вигляд пристрою наведено на рис. 12.

Відхилювач являє собою важіль, який особливим чином кріпиться одним кінцем до колони бурових труб. З іншого боку він

підвішується на канаті, який за допомогою шківів виводиться на поверхню і кріпиться до лебідки. При цьому величина зусиль у канаті вимірюється і регулюється за допомогою динамометра.

У свердловині відхилювач встановлюється під кутом $6-12^{\circ}$ до горизонтальної осі. З боку породної стінки відхилювач має колесо для зменшення сил тертя.

Впровадження важільного відхилювача було виконано при проходці вертикальних свердловин великого діаметру в гірничо-геологічних умовах наступних об'єктів: ДП «Селидіввугілля», ш. Україна (2005 р., 2009 р.), ш. Росія (2010 р.), ДП «Луганськвугілля», ш. ім. 19 Партз'їзду КПРС (2004 р., 2010 р.). ПАТ «ДПЕК Павлоградвугілля» ПСП ш. Ювілейна (2011 р.), ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля», ш. Добропільська (2011 р.).

Економічний ефект, отриманий в результаті впровадження важільного відхилювача, був підрахований для двох вертикальних виробок, пробурених в подібних гірничо-геологічних умовах.

Вентиляційний вантажно-людський ствол діаметром 4,3 м у просвіті і глибиною 385 м був пробурений в гірничо-геологічних умовах ПСП ш. «Ювілейна» ПАТ «ДВЕК Павлоградвугілля».

Свердловина, для подачі повітря діаметром 4,2 м у просвіті і глибиною 490 м була пробурена в гірничо-геологічних умовах ш. «Південно-Донбаська № 1» ДП «ДВЕК».

Час і вартість опрацювання з застосуванням важільного відхилювача знизилися в порівнянні з традиційним способом (подовжена база агрегату) практично в два рази, причому треба зазначити, що традиційний спосіб опрацювання застосовувався в породах з середньозваженою міцністю порід на 1 одиницю менше.

Економічний ефект в результаті застосування важільного відхилювача склав 549981 грн, або в перерахунку на 1 м свердловини 5789,3 грн.

ВИСНОВОК

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлених закономірностей відхилення вертикальної осі вертикальних виробок, що споруджуються способом буріння в структурно неоднорідних похило залягаючих порідних шарах, розроблений спосіб стабілізації напрямку свердловини, що дозволяє підвищити ефективність технологічного процесу.

Основні наукові і практичні результати полягають у наступному:

1. Виконаний аналіз способів спорудження вертикальних виробок, в результаті якого доведено, що в майбутньому спосіб буріння стволів і свердловин великого діаметру стане пріоритетним.

2. Проаналізований багаторічний досвід спорудження вертикальних виробок на об'єктах ВАТ «ДХК» Спецшахтобуріння», що дозволило встановити причини, що стримують поширення технології буріння, і виділити за основну, відхилення вертикальної осі свердловин великого діаметру.

3. Зібраний та опрацьований статистичний матеріал відносно якості пробурених свердловин великого діаметру, що дозволило які основну причину, що

призводить до викривлення вертикальної осі свердловини, виділити кут падіння породних шарів.

4. Встановлені закономірності розташування дефектів за довжиною пробурених свердловин, що дозволило для конкретних гірничо-геологічних умов вести прогноз витрат будівельних матеріалів та визначити необхідну довжину ділянки опрацювання.

5. Розроблені розрахункові схеми та виконане чисельне моделювання напружено-деформованого стану складноструктурного породного масиву навколо вибою свердловин, які вибурюються, що дозволило встановити закономірності відхилення вертикальної осі виробки від кута падіння і співвідношення міцності породних шарів.

6. Сконструйовано і впроваджено у виробництво важільний відхилювач, як ефективний засіб управління якістю свердловини, що споруджується (патент на корисну модель № 1108 від 25.06.2010 р.).

7. Економічний ефект від впровадження у виробництво важільного відхилювача склав 5789,3 грн. на 1 м пробуреної свердловини.

Основні результати досліджень опубліковані у наступних роботах:

1. Горелкин А.А. О перспективах сооружения стволов и скважин большого диаметра / В.В. Левит, В.А. Турчин, А.А. Горелкин // Уголь Украины. – 2007. - № 8. – С. 14 – 16.

2. Горелкин А.А. Прогрессивные технологии подземной дегазации угольных пластов / В.В. Левит, А.А. Горелкин, И.С. Таран // Уголь Украины. – 2008. - № 6. – С. 33 – 36.

3. Горелкин А.А. Бурение вертикальных шахтных стволов как перспективное направление в шахтном строительстве / В.В. Левит, А.А. Горелкин // Збірник наукових праць Національного гірничого університету: – Дніпропетровськ. – 2010. – № 34, том 1 – С. 37 – 47.

4. Горелкин А.А. Статистический анализ качества бурения скважин большого диаметра в Красноармейском горнопромышленном районе / А.А. Горелкин, А.О. Логунова // Науковий вісник НГУ. – 2010 – № 11-12. – С. 46 – 48.

5. Горелкин А.А. Вероятностно-статистические модели вертикальных скважин большого диаметра / В.В. Левит, А.А. Горелкин, А.О. Логунова // Науковий вісник НГУ. – 2011 – № 5. – С. 44 – 46.

6. Патент на корисну модель № 51108 Україна. Спосіб стабілізації напрямку осі свердловини / Горелкін А.А., Горелкін А.М., Агарков А.К., Пилипець В.І., МПК E21B 7/10 (2006.01). Зареєстровано 25.06.2010, Бюл. № 12, 2010.

7. Горелкин А.А. Основные предпосылки к переходу сооружения стволов большого диаметра способом бурения / А.А. Горелкин // Форум гірників. Матеріали міжнародної конференції. – Д.: Національний гірничий університет, 2008. – С. 202 – 206.

8. Горелкин А.А. Бурение шахтных стволов большого диаметра в неблагоприятных горно-геологических условиях, как альтернатива спецспособам проходки / А.А. Горелкин, В.В. Левит, Н.С. Старченко // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений. Материалы междуна-

ной научно-технической конференции. – Вып. № 16. – Донецк: ДонНТУ, 2010. – С. 77 – 78.

9. Горелкин А.А. Нештатные ситуации при бурении вертикальных скважин большого диаметра / А.А. Горелкин // Форум гірників. Матеріали міжнародної конференції. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – С. 211 – 214.

Особистий внесок здобувача в роботах, опублікованих у співавторстві: [1-3] – огляд джерел інформації, формування висновків; [4, 5] – збір інформації статистичний аналіз, формулювання висновків; [6] – огляд інформації, запропоновано використання динамометру; [8] – співставлення двох способів проходки вертикальних свердловин.

АНОТАЦІЯ

Горелкін А.А. «Закономірності буріння вертикальних свердловин великого діаметру у шаруватому породному масиві». – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.04 – «Шахтне та підземне будівництво». – Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет». Дніпропетровськ, 2012.

У дисертації виконані дослідження щодо удосконалення проходки вертикальних свердловин великого діаметру способом буріння. Виконаний аналіз інформаційних джерел за темою дисертації. Зібрано та опрацьовано статистичний матеріал стосовно якості пробурених свердловин великого діаметру у Петропавлівському, Красноармійському, Донецько-Макіївському, Должанорівненському промислових районах. Доведено, що на якість буріння свердловини впливає кут падіння порід та рівень геомеханічного показника умов розробки.

Запропонований індекс позаштатної ситуації для кількісної оцінки рівня витрат, що супроводжують ліквідацію цього відхилення від норми.

Виконано чисельне моделювання напружено-деформованого стану навколо вибою свердловини при перетині контакту між шарами порід різної міцності. Встановлені закономірності викривлення вертикальної осі свердловини від кута падіння порід. Запропонований спосіб керування станом свердловини шляхом використання важільного відхилювача, на який отриманий патент України.

Спосіб впроваджений при бурінні свердловин у різних районах Донбасу з позитивним економічним ефектом.

Ключові слова: буріння вертикальних свердловин, напружено-деформований стан, кореляційні залежності, важільний відхилювач, ймовірно-статистичні моделі.

АННОТАЦИЯ

Горелкин А.А. Закономерности бурения скважин большого диаметра в слоистом породном массиве. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.04 – «Шахтное и подземное строительство». – Государст-

венное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2012.

В диссертации выполнен анализ источников информации в области сооружения вертикальных выработок: стволов и скважин большого диаметра. Обоснована и определена основная тенденция в технологии проходки таких выработок – способ бурения, который обладает рядом преимуществ (скорость, качество, безопасность). Однако этот способ имеет недостатки, основным из которых является искривление вертикальной оси проводимой выработки. Исправлению этого недостатка и посвящены исследования, выполненные в диссертации.

В результате анализа 500 аварийных ситуаций, произошедших на объектах, сооружаемых в структурных подразделениях ДХК «Спецшахтобурения». Предложен индекс нештатной ситуации, который позволяет количественно оценить уровень затрат (опасности), сопровождающих конкретное отклонение от нормы.

Собран и обработан обширный статистический материал по качеству пробуренных скважин большого диаметра в Петропавловском, Красноармейском, Донецко-Макеевском и Должанско-Ровенецком горнопромышленных районах. Статистический анализ показал, что на качество бурения скважин основное влияние оказывает угол залегания породных слоев и уровень предельных напряжений в окрестности забоя при пересечении им контакта пород с разной прочностью и практически не оказывает влияния уровень метаморфизма пересекаемых геомеханических разностей.

На основе программного продукта Face-2 разработаны расчетные схемы и выполнено численное моделирование напряженно-деформированного состояния породного массива в окрестности забоя скважины, пересекающей контакт двух слоев пород разной прочности. Моделировались две ситуации: А – переход из более мягкой породы в крепкую и Б – переход из более твердой породы в мягкую. Для каждой ситуации угол падения слоев изменяли от 0° до 60° (с интервалом 15°). В результате математического моделирования установлена закономерность отклонения вертикальной оси от проектного положения в зависимости от угла падения пород и соотношения прочности пересекаемых пород.

На этой основе разработан и запатентован рычажный отклонитель, как средство управления расположением скважины в пространстве. Способ внедрен в производство при бурении скважин на шахтах Донбасса и показал свою высокую эффективность.

Ключевые слова: бурение скважин большого диаметра, напряженно-деформированное состояние, корреляционная зависимость, рычажный отклонитель.

ANNOTATION

Gorelkin A.A. "Laws of drilling large-diameter boreholes in the layered rock massif." - Manuscript.

Thesis for obtaining scientific degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.15.04 – “Mine and underground construction”. – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovs’k, 2012.

The research presented in the thesis deals with improving technique for drilling large-diameter vertical boreholes. The analysis of information sources on the dissertation subject is carried out. Statistical material concerning quality of drilled large-diameter boreholes in Petropavlivka, Krasnoarmiys'k, Donets'k-Makiivka, Dolzhano-Rovenets'k industrial areas is collected and processed. It is proved that the quality of drilling depends on the dip angle of rock layers and the level of geomechanical indicator for field development conditions.

The index of contingency for quantitative assessment of costs related to elimination of the deviation from the norm is proposed.

Numerical modeling of the stress-strain mode around the borehole at the intersection of the contact between rock layers with different hardness is carried out. The relationships of borehole vertical axis curvature from the dip angle of rock layers are established. The method of borehole condition control by using weight deflector is proposed. The patent of Ukraine is obtained.

The proposed method is implemented on drilling boreholes in various regions of the Donbass with positive economic effect.

Keywords: drilling vertical boreholes, stress-strain mode, correlation dependences, weight deflector, probabilistic-statistical models.

ГОРЕЛКІН АНАТОЛІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ

Закономірності буріння вертикальних свердловин великого діаметра у шаруватому породному масиві

(Автореферат)

Підписано до друку 15.03.2012. Формат 30×42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 120 прим. Зам. № .

ДВНЗ «Національний гірничий університет»
49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.