

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Розробка запасів вугілля спричиняє низку технічних і юридичних питань, пов'язаних з безпечною експлуатацією об'єктів в період їх підробки. Умови безпечної виїмки вугілля на підроблюваних територіях визначаються проектами підробки, основою яких є прогноз зрушень і деформацій земної поверхні. Основною метою дослідження зрушень і деформацій земної поверхні є забезпечення збереження та безаварійної експлуатації поверхневих об'єктів у вигляді заходів щодо їх охорони. Підставою для застосування тих або інших мір охорони є очікувані величини зрушень і деформацій земної поверхні. Найбільш небезпечними для підроблюваних об'єктів в більшості випадків є горизонтальні деформації земної поверхні, але при цьому вони є найменш вивченими.

Більшість методик прогнозування зрушень і деформацій земної поверхні розроблені для умов процесу зрушення, що завершився. Проте практика підробки поверхневих об'єктів доводить, що деформації процесу зрушення, що завершився, не завжди є основоположними при встановленні умов безпечної виїмки корисної копалини.

Підземна розробка вугільних пластів порушує рівновагу гірських порід, призводить до їх зрушення і деформацій внаслідок перерозподілу напружень в підроблюваному масиві. Ці геомеханічні процеси негативно впливають на умови проведення і підтримки гірничих виробок і є причиною виникнення небезпечних проявів гірського тиску. На підтримку магістральних і підготовчих виробок витрачаються значні матеріальні ресурси. Ухвалення обґрунтованих і ефективних технічних рішень із забезпечення збереження виробок в зонах впливу очисних робіт неможливе без наявності достовірної інформації про перерозподіл напружень і деформацій в підроблюваному масиві.

При вивченні процесу зрушення масиву гірських порід дослідження проводилися окремо в умовах земної поверхні та гірського масиву. В умовах Західного Донбасу при достатній вивченості процесу зрушення земної поверхні деформації підроблюваного масиву залишаються маловивченими. Результати розрахунку вертикальних деформацій в зоні підвищеного гірського тиску за існуючими методиками не відповідають результатам натурних інструментальних спостережень. Методики розрахунку горизонтальних деформацій масиву гірських порід взагалі не існує.

У зв'язку з цим, проведення наукових досліджень з метою встановлення закономірностей деформування масиву гірських порід і земної поверхні при розробці пологих вугільних пластів в умовах слабометаморфізованих гірських порід і обґрунтування комплексу заходів з керування процесами зрушення земної поверхні та масиву гірських порід для зменшення шкідливого впливу гірничих розробок на гірничі виробки та підроблювані об'єкти земної поверхні є актуальною науковою та технічною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконані відповідно до програми науково-дослідних робіт

напряму кафедри маркшейдерії Державного ВНЗ «Національний гірничий університет», які пов'язані з госпдоговірними тематиками за договорами №№ 050122/07-0/4594-У, 050123/10-0/41-У, 050128 /10-11/ 4677-У. В основу роботи лягли результати багаторічних досліджень зрушення земної поверхні на шахтах Західного Донбасу, що виконувалися співробітниками кафедри маркшейдерії Державного ВНЗ «НГУ» (ДГІ), відповідно до програм науково-дослідних робіт за темами №№ 121, 294, 645 (№ д.р. 68062854), 688, 724-1/010301 (№ д.р. 760.61860), 874, 050109.

Метою роботи є встановлення закономірностей деформації слабометаморфізованих гірських порід і земної поверхні при розробці пологих вугільних пластів довгими стовпами.

Ідея роботи полягає в дослідженні зрушень земної поверхні та деформацій масиву гірських порід як проявів геомеханічних процесів, що відбуваються в підроблюваному масиві та у використанні загальних закономірностей їх розвитку для прогнозування і управління деформаціями і напруженнями гірських порід і земної поверхні.

Для досягнення мети в дисертації поставлені та вирішені наступні **задачі**:

- аналіз результатів досліджень процесу зрушення в Західному Донбасі та інших регіонах;
- аналіз гірничо-геологічних умов підробки земної поверхні на шахтах Західного Донбасу і результатів натурних маркшейдерських інструментальних спостережень з метою встановлення закономірностей розвитку процесу зрушення земної поверхні;
- встановлення характеру зміни вертикальної і горизонтальної складових загального вектора зрушення точок земної поверхні над рухомих вибоєм і при процесі зрушення, що завершився;
- встановлення закономірностей горизонтальної деформації земної поверхні в головних перетинах мульди в різних горно-геологічних умовах відробки вугільних пластів;
- проведення натурних інструментальних спостережень за деформацією земної поверхні та підроблюваного масиву в сучасних умовах розробки пологих вугільних пластів;
- встановлення взаємозв'язку між зрушеннями земної поверхні та масиву гірських порід в області впливу очисної виробки;
- розробка методики прогнозування впливу гірничих розробок на земну поверхню в Західному Донбасі з урахуванням особливостей геологічної будови родовища і закономірностей розвитку горизонтальних зрушень і деформацій над рухомих очисним вибоєм і при процесі зрушення, що завершився;
- розробка методики прогнозування горизонтальних зрушень і деформацій підроблюваного масиву засновану на загальних закономірностях деформацій земної поверхні та масиву гірських порід в умовах шахт Західного Донбасу;

– розробка методики прогнозування приросту гірського тиску над краєвою частиною вугільного пласта в умовах очисних вибоїв шахт Західного Донбасу.

Об'єкт досліджень – процес зрушення земної поверхні та гірських порід в області впливу очисних виробок.

Предмет досліджень – параметри геомеханічних процесів в гірському підроблюваному масиві та на земній поверхні.

Методи досліджень. Реалізація поставлених задач здійснюється на основі застосування комплексу методів досліджень. В області експериментальних досліджень використовувався метод натурних інструментальних спостережень за зрушенням гірських порід і земної поверхні. В аналітичних дослідженнях застосовувалися методи математичної статистики, геометричного і чисельного моделювання методом скінчених елементів, аналіз і узагальнення результатів маркшейдерських спостережень за зрушенням земної поверхні з використанням пакетів сучасного прикладного програмного забезпечення.

Основні наукові положення.

1. Характер розподілу горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні над очисною виробкою пологого вугільного пласта при повній підробці не є постійним і визначається типовою функцією уніфікованого розподілу, коефіцієнти якої лінійно залежать від глибини підробки, що є основою для прогнозування горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні.

2. У масиві гірських порід з боку розрізної печі лави на висоту 70-ти потужностей вугільного пласта формується область найбільших пружно-пластичних деформацій, в якій при зменшенні відсічі з боку порід над виробленим простором виникають додаткові горизонтальні переміщення краєвої частини масиву убік руху очисного вибою, що пояснює відсутність прямого зв'язку між вертикальними і горизонтальними зрушеннями земної поверхні.

3. В зоні підвищеного гірського тиску попереду очисного вибою має місце область знижених вертикальних напружень, величина і висота розповсюдження яких зростають із зменшенням швидкості посування очисного вибою, і при швидкості менше 60 м/міс ефект розвантаження зникає, що дозволяє керувати проявом гірського тиску в привибійному масиві та в лаві.

4. Горизонтальні зрушення у плоскому дні мульди на земній поверхні не дорівнюють нулю, що обумовлено переміщенням гірських порід, що залягають вище горизонту верхньої межі області найбільших пружно-пластичних деформацій, услід за рухомим очисним вибоєм на величину, що є в умовах Західного Донбасу практично постійною і рівною 240 мм, що дозволяє удосконалити методику прогнозування впливу очисних робіт на підроблювані об'єкти і споруди.

Новизна отриманих результатів.

1. Вперше для умов розробки вугільних пластів в Західному Донбасі

встановлено, що потужність наносів і вугільного пласта не є основними чинниками, що впливають на формування максимальних горизонтальних зрушень.

2. Вперше встановлено, що після зупинки очисного вибою характер розподілу горизонтальних зрушень і деформацій не змінюється, а різниця між динамічними зрушеннями і деформаціями і їх значеннями при процесі зрушення, що завершився, не перевищує 3-5% максимального осідання.

3. Вперше для умов Західного Донбасу встановлені геометричні параметри зони повних зрушень в підроблюваному масиві, на висоту якої відбувається формування горизонтальних і вертикальних зрушень гірських порід і запропонований механізм їх виникнення з урахуванням перерозподілу гірського тиску і протікання реологічних процесів.

4. Вперше встановлений вплив швидкості посування очисного вибою на геометричні параметри області знижених напружень, що виникає попереду рухомого очисного вибою в зоні підвищеного гірського тиску.

5. Вперше встановлені наявність і величини горизонтальних переміщень гірських порід і земної поверхні в області повної підробки для умов пологого вугільного пласта і слабометаморфізованих гірських порід.

6. Для умов Західного Донбасу уточнені характерні зони зрушення в умовах рухомого очисного вибою і встановлені геометричні параметри цих зон.

7. На основі комплексного аналізу зрушень земної поверхні і масиву гірських порід запропонований новий спосіб визначення величин приросту гірського тиску над краєвою частиною вугільного пласта, що розробляється.

Практичне значення отриманих результатів.

– Розроблена нова методика прогнозування горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні в умовах руху очисного вибою і при процесі зрушення, що завершився.

– Розроблена методика прогнозування горизонтальних зрушень і деформацій масиву гірських порід для умов розробки пологих пластів Західного Донбасу довгими стовпами.

– Розроблена методика визначення приросту гірського тиску над краєвою частиною вугільного пласта, що розробляється, заснована на взаємозв'язку між напруженнями в зоні опорного тиску і зрушеннями земної поверхні.

– Запропонований спосіб моделювання процесу зрушення, що враховує реологічні властивості гірських порід і ступінь накопичення напружень в часі.

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно сформульовані мета, ідея, задачі досліджень, вибрані методи досліджень; виконаний комплекс натурних інструментальних спостережень і розроблена методика проведення досліджень зрушень і деформацій земної поверхні та масиву гірських порід; розроблена схема зрушення гірських порід з характерними зонами та їх геометричними параметрами, обрана методика і виконано моделювання процесу зрушення над очисною виробкою методом скінчених елементів. Зміст дисертації викладений автором особисто. Основні наукові результати, висновки і рекомендації сформульовані самостійно.

Апробація результатів роботи. Наукові результати роботи доповідалися і обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції "Форум гірників" (Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ», 2006, 2007, 2010, 2011, 2012), XXI міжнародної наукової школи ім. Академіка С.А. Христіановіча «Деформація і руйнування матеріалів з дефектами і динамічні явища в гірських породах і виробках» (Алушта, 2011), 3-й міжнародній науково-технічній конференції «Гірнична геологія, геомеханіка і маркшейдерія» (Донецьк, УкрНДМІ, 2011), міжнародній науково-технічній конференції "Сталій розвиток гірничо-металургійної промисловості" (Кривий Ріг, Державний ВНЗ «КТУ» 2010, 2011), міжнародній науково-технічній конференції «X Школа геомеханіки 2011» (Польща, Глівіце, 2011), 7-й всеукраїнській науково-технічній конференції «Механіка ґрунтів, геотехніка і фундаментобудівництво» (Одеса, 2011)

Публікації. Основні результати роботи наведені в 38 наукових працях, з них 1 монографія, 26 публікацій в спеціалізованих виданнях, 11 в збірках наукових конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 200 найменувань на 30 сторінках та додатків на 3 сторінках. Основний текст дисертації викладений на 283 сторінках машинописного тексту, які містять 116 рисунків і 32 таблиці. Загальний обсяг дисертації – 330 сторінок.

Автор висловлює подяку д.т.н. Назаренку В.О. за підтримку і цінні поради при підготовці дисертації; колективу кафедри маркшейдерії Державного ВНЗ «НГУ» за надану можливість використання експериментальної бази спостережень за зрушенням земної поверхні в Західному Донбасі; головному маркшейдеру ПСП «Шахта ім. Героїв Космосу» Кожемяко С.В., дільничному маркшейдеру ПСП «Шахта Благодатна» Швецю О.П., колективу маркшейдерського відділу ПСП «Шахта Самарська» за допомогу в організації інструментальних спостережень.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі виконаний аналіз вивченості питань зрушення земної поверхні і масиву гірських порід. Проаналізовані гіпотези, що існують на даний момент, теорії і методи вивчення процесу зрушення над очисною виробкою вугільного пласта.

За результатами аналізу літературних джерел виділено три напрями досліджень процесу зрушення:

– дослідження напруженого стану в краєвій частині вугільного пласта, що розробляється, з метою встановлення закономірностей перерозподілу напружено-деформованого стану і визначення навантажень на привибійне кріплення;

– дослідження процесу зрушення масиву гірських порід в зоні впливу очисної виробки з метою визначення величин зрушень і деформацій (у переважній більшості вертикальних);

– дослідження зрушень і деформацій земної поверхні з метою прогнозування пошкоджень підроблюваних об'єктів або визначення умов їх безпечної підробки.

Значний вклад в розвиток науки про зрушення земної поверхні та масиву гірських порід внесли Авершин С.П., Черняєв В.І., Іофіс М.А., Медянцев О.М., Земісеєв В.М., Кулібаба С.Б., Гавриленко Ю.М., Назаренко В.О. та інші.

Не зважаючи на безліч досліджень більшість запропонованих розрахункових методик спрямовані на прогнозування зрушень і деформацій або масиву гірських порід, або земної поверхні. У літературі дуже мало досліджень, в основі яких лежить аналогія між зрушеннями земної поверхні та підроблюваного масиву. Можливо, це пов'язано з пріоритетними завданнями і метою досліджень, що проводяться. З одного боку це охорона підроблюваних поверхневих об'єктів, характерних своєю різноманітністю і різним зв'язком з деформованою поверхнею. З іншого боку пріоритетним завданням є охорона виробок, деформація яких повністю залежить від напруженого стану гірських порід навколо них.

Деформація товщі гірських порід традиційно розглядається над нерухомими границями очисних виробок. Вивчення особливостей зрушення гірських порід над рухомим очисним вибоєм нечисленні і в основному приурочені до зони підвищеного гірського тиску. Не дивлячись на підвищену увагу до динаміки процесу зрушення земної поверхні, що спостерігається останнім часом, його якісні та кількісні характеристики вивчені недостатньо.

Розгляд співвідношення кількості виконаних досліджень, спрямованих на вивчення вертикальних і горизонтальних зрушень і деформацій, доводить перевагу у бік перших. Це пов'язано з існуючим стереотипом відносно пропорційності вертикальної і горизонтальної складових вектора зрушення і однаковий характер їх розподілу. В результаті горизонтальні зрушення і деформації земної поверхні розглядаються як наслідок вертикальної деформації гірських порід. Традиційно прийнято вважати, що горизонтальні зрушення виникають в результаті вигину порідних пластів. Проте, будь-які спроби прогнозування горизонтальних зрушень на основі теорії балок дають занижені результати. Це є наслідком виключення додаткових чинників, що впливають на формування горизонтальних зрушень.

В результаті розгляду питань вивченості процесу зрушення сформульовані основні висновки для постановки подальших завдань досліджень:

– існуючі схеми зрушення підроблюваного масиву не відображають динаміку процесу в сучасних умовах розробки вугільних пластів.

– більшість методик розрахунку деформацій гірського масиву при заявленій області їх застосування не враховують специфіку окремих гірничовидобувних регіонів;

– вивчення процесу зрушення виконується окремо для масиву гірських порід і земної поверхні. При цьому сумісного аналізу деформацій земної поверхні і підроблюваного масиву практично не виконувалося;

– процес зрушення масиву гірських порід розглядається в багатьох випадках локально в його характерних зонах;

– найменш вивченими є горизонтальні зрушення і деформації, як масиву гірських порід, так і земної поверхні. Особливо це стосується динаміки процесу зрушення;

– прогнозування горизонтальних зрушень засноване на законі про пропорційність їх величин і величин вертикальних зрушень, що не підтверджується результатами інструментальних спостережень.

У другому розділі розглянуті результати експериментальних досліджень за зрушенням земної поверхні і масиву гірських порід. Представлений аналіз геологічної будови масиву гірських порід Західного Донбасу. В результаті аналізу встановлено, що масив гірських порід в Західному Донбасі може розглядатися як одношаровий без розділення процесу зрушення в карбоні і наносах.

Для умов Західного Донбасу виконано узагальнення і аналіз результатів досліджень процесу зрушення земної поверхні та масиву гірських порід. На даний момент в результаті обробки і аналізу результатів маркшейдерських інструментальних спостережень на 34 спостережних станціях в Західному Донбасі вирішені наступні задачі науки про зрушення земної поверхні:

– досліджені кутові параметри процесу зрушення з метою визначення границь зон впливу і небезпечного впливу на земній поверхні;

– встановлені максимальні величини вертикальних і горизонтальних зрушень і деформацій при процесі зрушення, що завершився;

– встановлені максимальні величини і характер розподілу вертикальних зрушень і деформацій в головних перетинах мульди і за площею на стадії синхронного зрушення;

– встановлений розподіл горизонтальних зрушень і деформацій в умовах процесу зрушення, що завершився;

– визначені закономірності розподілу вертикальних зрушень і деформацій на стадії формування мульди зрушення.

Найбільш вивченими для умов розробки вугільних пластів в Західному Донбасі є вертикальні зрушення і деформації. Їх дослідження виконувалися практично на всіх стадіях процесу зрушення в головних перетинах мульди і за площею динамічної мульди зрушення. До найменш вивчених слід віднести горизонтальні зрушення і деформації, що розглядалися тільки в головних перетинах мульди при процесі зрушення, що завершився без аналізу факторів, що впливають на їх величини. Вивчення закономірностей їх розподілу за площею і в умовах руху очисного вибою не виконувалося. На даному етапі

вивчення процесу зрушення практично не розглянутий взаємозв'язок між вертикальними і горизонтальними зрушеннями і деформаціями. Вивчення цих величин виконувалося різними дослідниками відокремлено без взаємного аналізу. При цьому узагальнення результатів досліджень доводить значні розбіжності в розподілі горизонтальних зрушень і деформацій. До теперішнього часу теоретично нез'ясовний факт наявності горизонтальних зрушень в плоскому дні мульди зрушення спрямованих убік очисного вибою. Для умов Західного Донбасу не підтверджена класична залежність між потужністю наносів і величинами максимальних горизонтальних зрушень і деформацій.

При значному обсязі досліджень взаємозв'язку між швидкістю посування очисного вибою і зрушенням земної поверхні єдиної думки поки не існує. Можливо швидкість посування забою в різних гірничодобувних регіонах по різному впливає на параметри зрушення. В умовах Західного Донбасу дослідження впливу швидкості посування очисного вибою на процес зрушення не виконувалися.

Практично невивченим в умовах Західного Донбасу є процес зрушення масиву гірських порід. Існуючі дослідження в цьому напрямку дають якісну картину процесів, що відбуваються при підробці породного масиву. В основному, завданням проведених інструментальних спостережень в підземних умовах є встановлення параметрів напруженого стану навколо підготовчих виробок, рідше очисних. Це має величезне практичне значення у сфері їх підтримки, але результати таких досліджень не дозволяють оцінювати переміщення підроблюваного масиву в цілому. Складність проведення експериментальних досліджень за зрушенням масиву гірських порід пояснюється наявністю значного числа чинників, що впливають, і складності постановки «чистого» експерименту. Представляє значний інтерес отримання кількісних параметрів зрушення і деформацій гірських порід в умовах руху очисного вибою.

У третьому розділі наведені результати досліджень процесу горизонтальної деформації земної поверхні над рухомим очисним вибоєм і після його завершення за наступними напрямками:

- дослідження векторів зрушення точок земної поверхні над рухомим очисним вибоєм;
- дослідження співвідношення величин горизонтальних і вертикальних зрушень;
- дослідження положення характерних точок кривих горизонтальних зрушень і деформацій в різних гірничо-геологічних умовах;
- дослідження горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні в головних перетинах мульди і за площею;
- аналіз горизонтальних зрушень в плоскому дні мульди зрушення;
- встановлення характеру розподілу горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні в головних перетинах мульди зрушення.

Рис. 1. Залежність приведених осідань η і горизонтальних зрушень ξ реперів від положення очисного вибою

Аналіз траєкторій зрушення реперів в головному перетині, паралельному руху очисного вибою, дозволив встановити наступні закономірності та результати (рис. 1):

- процес зрушення точки завершується при віддаленні вибою на відстань $1,5H$ (H – глибина розробки);
- перші ознаки зрушення точки спостерігається при наближенні очисного вибою на відстань $1H$. При цьому більший розвиток отримують горизонтальні зрушення;
- перехід процесу зрушення в стадію згасання починається при віддаленні вибою лави від точки на величину $1H$;
- максимальні горизонтальні зрушення у напрямку руху очисного вибою складають в середньому 250-300 мм ($0,3\eta_0$) Близькі значення мають зрушення, спрямовані в протилежний бік;
- після завершення впливу вибою на точку (у плоскому дні мульди зрушення) величини горизонтальних зрушень не дорівнюють нулю, що свідчить про переміщення земної поверхні за рухомим очисним вибоєм.

Взаємозв'язок горизонтальних і вертикальних зрушень характеризується коефіцієнтом пропорційності та величиною відносного максимального горизонтального зрушення, що залежить тільки від співвідношення потужності покриваючих порід і глибини розробки. З цього виходить, що величини максимальних горизонтальних зрушень при повній підробці земної поверхні безпосередньо залежать від потужності пласта, що розробляється. В результаті

дослідження співвідношення величин горизонтальних і вертикальних зрушень встановлено, що перші при повній підробці земної поверхні не пропорційні потужності, що виймається (рис. 2), і максимальному осіданню. Це свідчить про різну природу формування вертикальних і горизонтальних зрушень масиву гірських порід.



Рис. 2. Залежність максимального горизонтального зрушення ξ_{max} від потужності пласта t

Виявлена непропорційність горизонтальних і вертикальних зрушень може бути наслідком значної зміни потужності покриваючих відкладів на території Західного Донбасу (від 50 до 200 м). Проте аналіз залежності між максимальними горизонтальними зрушеннями і потужністю покриваючих відкладів виявив відсутність взаємозв'язку між цими величинами.

Розділення результатів інструментальних спостережень за способом закладання профільної лінії дозволило виділити три групи профільних ліній за ступенем розвитку максимальних горизонтальних зрушень: над розрізною піччю, над лінією зупинки очисного вибою і над підготовчими штреками. Таким чином, в умовах Західного Донбасу за відсутності впливу кута падіння пластів запропоновані нові терміни процесу зрушення: головні перетини мульди, паралельні і перпендикулярні напрямку руху очисного вибою, напівмульди над розрізною піччю, над лінією зупинки очисного вибою і над підготовчими штреками.

В результаті аналізу характерних точок кривих горизонтальних зрушень і деформацій (рис. 3) встановлені залежності їх положення щодо границь виробленого простору від глибини розробки, що дозволяє визначати місця концентрації максимальних величин горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні при плануванні гірничих робіт. Залежності положення характерних точок описуються лінійними функціями (рис. 4).

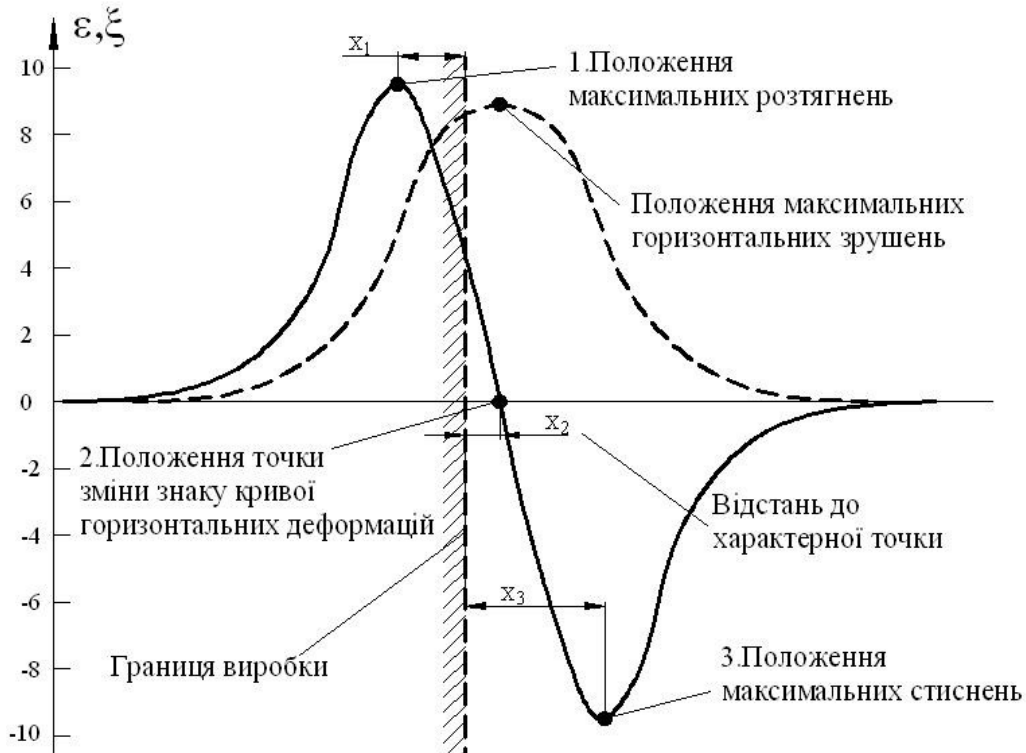


Рис. 3. Схема до визначення положення характерних точок

Зміна положення точки з максимальними горизонтальними зрушеннями над границею виробленого простору при збільшенні глибини підробки характеризує ступінь зависання гірських порід в межах 0,05...0,12Н.

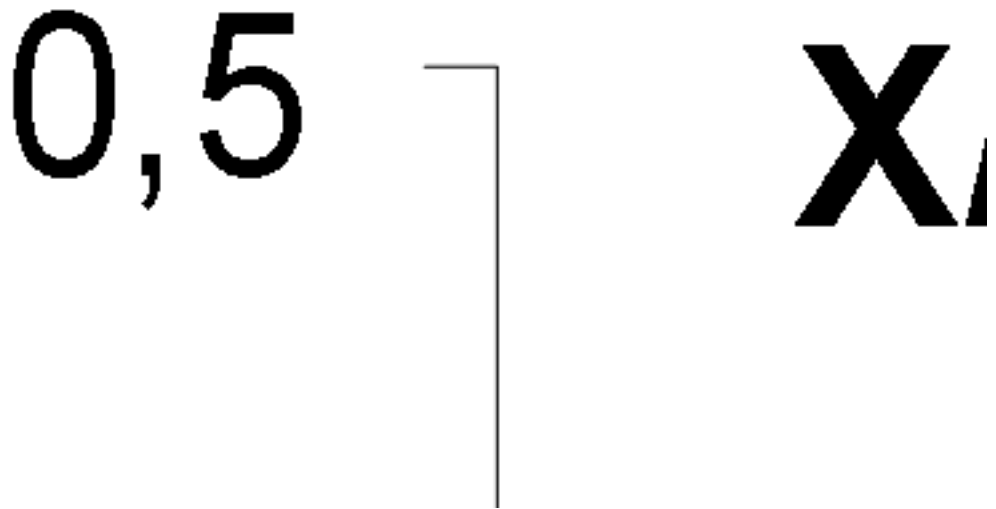


Рис. 4. Залежність положення характерних точок кривої горизонтальних деформацій від глибини розробки

Для дослідження закономірностей зрушення точок земної поверхні за площею мульди зрушення при великих швидкостях руху очисного вибою (170 м/міс) в умовах ПСП «Шахті Благодатна» «ДТЕК Павлоградвугілля» була закладена спостережна станція №35. Використання сучасного геодезичного

устаткування дозволило отримати вектори зрушення точок земної поверхні над рухомим очисним вибоєм і після завершення процесу зрушення. В результаті аналізу інструментальних спостережень встановлено:

- при швидкості посування очисного вибою 4 м/доб попереду нього на земній поверхні зафіксовані підняття величиною 30 мм (рис. 5). Їх максимальна величина спостерігається в головному перетині мульди, паралельному напрямку руху очисного вибою;

- у плоскому дні мульди зрушення спостерігаються горизонтальні зрушення, спрямовані у бік руху очисного вибою (рис. 6). Їх максимальна величина спостерігається над виробленим простором. Над ціликовою частиною їх величини лінійно зменшуються при наближенні до нерухомих границь мульди зрушення. Таким чином, аналіз результатів інструментальних спостережень при різних швидкостях посування очисного вибою і глибині підробки свідчить про переміщення точок земної поверхні вслід за рухомим очисним вибоєм.

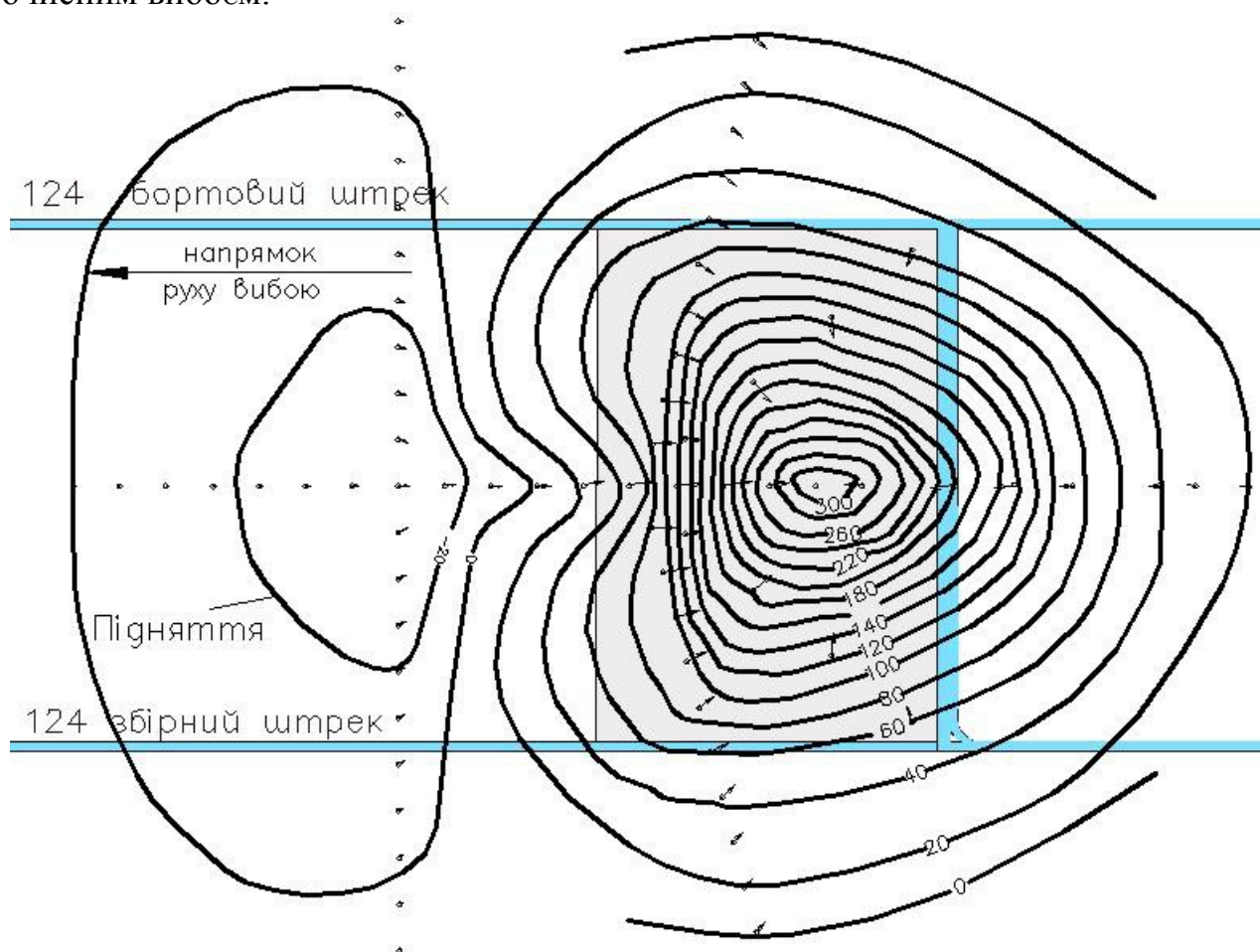


Рис. 5. Ізолінії осідань земної поверхні на момент 2-го спостереження

Для встановлення величин горизонтальних зрушень ξ_3^+ в плоскому дні мульди проаналізовані результати інструментальних спостережень по 14 профільним лініям в різних гірничо-геологічних умовах розробки пологих вугільних пластів Західного Донбасу (табл. 1).

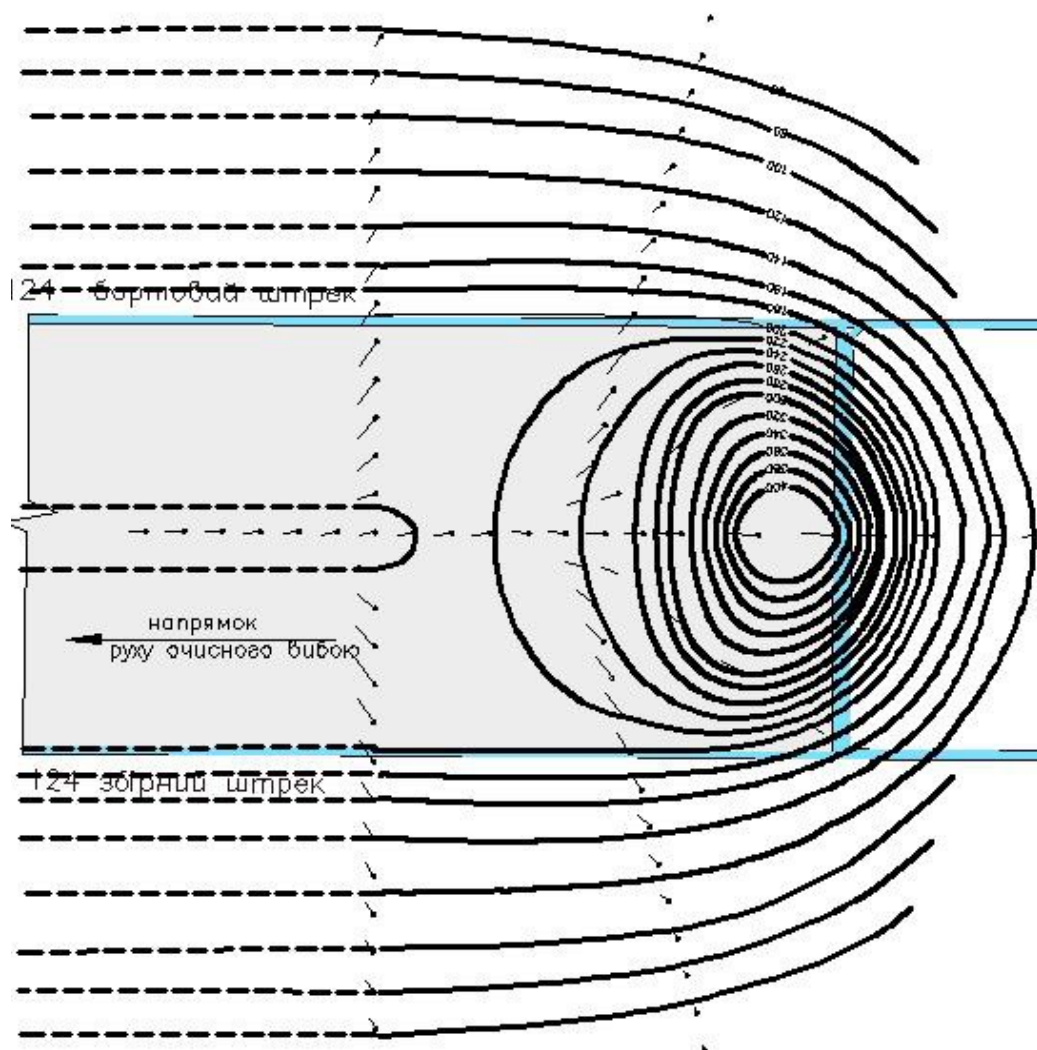


Рис. 6. Ізолінії горизонтальних зрушень земної поверхні вхрест простягання пласта на момент 5-го спостереження

Таблиця 1

Величини горизонтальних зрушень в плоскому дні мульди

Станція	ξ_3^+ , мм	Станція	ξ_3^+ , мм
4	235	11	238
5	258	12	249
7	207	13	260
7	238	14	249
8	239	16	249
8	224	23	241
9	220	27	246
10	217	35	240

Середнє значення горизонтальних зрушень ξ_3^+ в плоскому дні мульди складає 240 мм при середньоквадратичній погрішності 14 мм. Отже, в умовах Західного Донбасу і малого діапазону зміни потужностей, що виймаються, горизонтальне переміщення земної поверхні в плоскому дні мульди є

величиною постійною. В умовах повної підробки при перших ознаках появи плоского дна величини горизонтальних переміщень на межі прямої і зворотної напівмульд сягають своїх максимальних значень в 240 мм. Отже, їх формування починається при відході лави від розрізної печі та проявляється у вигляді додаткових горизонтальних зрушень, що спрямовані вбік напрямку руху очисного вибою.

На стадії формування мульди зрушення величини додаткових горизонтальних зрушень у напрямку руху очисного вибою можна встановити як різницю максимальних значень горизонтальних зрушень над розрізною піччю і над рухомим очисним вибоєм. В результаті обробки 48 пар значень отримана залежність шуканих величин зрушень від розмірів виробленого простору (рис. 7). Наведена залежність показує, що додаткові горизонтальні зрушення лінійно формуються до моменту, коли співвідношення розмірів виробленого простору до глибини розробки не досягне значення 1,1.

Характер розподілу і величини горизонтальних зрушень ξ і деформацій ϵ земної поверхні взаємопов'язані. Звідси можна зробити висновок про різний характер розподілу деформацій в напівмульдах над розрізною піччю і над лінією зупинки очисного вибою унаслідок наявності додаткових переміщень ξ_3^+ .

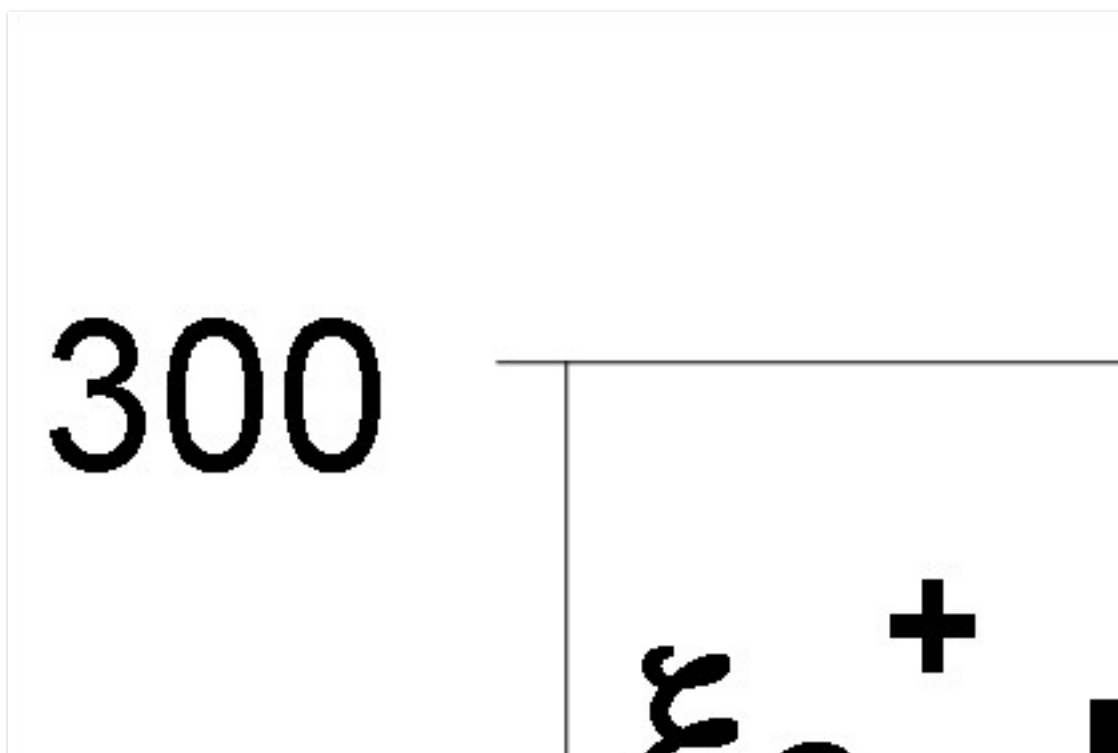


Рис. 7. Залежність величини ξ_3^+ від розмірів виробленого простору на стадії формування мульди зрушення

Припустимо, що рух вибою не впливає на характер розподілу деформацій земної поверхні. В цьому випадку характер розподілу цих величин в напівмульдах над розрізною піччю і над лінією зупинки очисного вибою буде однаковим. При встановленій наявності додаткових горизонтальних зрушень переміщення земної поверхні величиною 240 мм викликає додаткові

розтягування $\Delta \epsilon_p$ в напівмульдї над розрізною піччю і відповідно стиснення $\Delta \epsilon_{сж}$ в напівмульдї над лінією зупинки очисного вибою:

$$\Delta \epsilon_{\delta} = \frac{\xi_c^+}{L}; \Delta \epsilon_{\text{псж}} = \frac{-\xi_c^+}{L}$$

де L – довжина напівмульди.

Враховуючи, що величина $\Delta \epsilon$ є функцією довжини напівмульди, а, отже, і глибини підробки H , характер розподілу горизонтальних деформацій також може змінюватися при різних значеннях H .

Для перевірки даної залежності виконано приведення кривих горизонтальних деформацій до єдиних гірничо-геологічних умов. Сутність приведення полягала у використанні для масштабування графіків горизонтальних деформацій за обоіми осями коефіцієнтів, що залежать від потужності, що виймається, і глибини розробки. В результаті встановлено, що із збільшенням глибини розробки в напівмульдї над розрізною піччю спостерігається збільшення максимальних стиснень (рис. 8). При глибині 500-550 м значення максимальних стиснень в напівмульдї над розрізною піччю за величиною відповідають максимальним стисненням в напівмульдї над штреками.

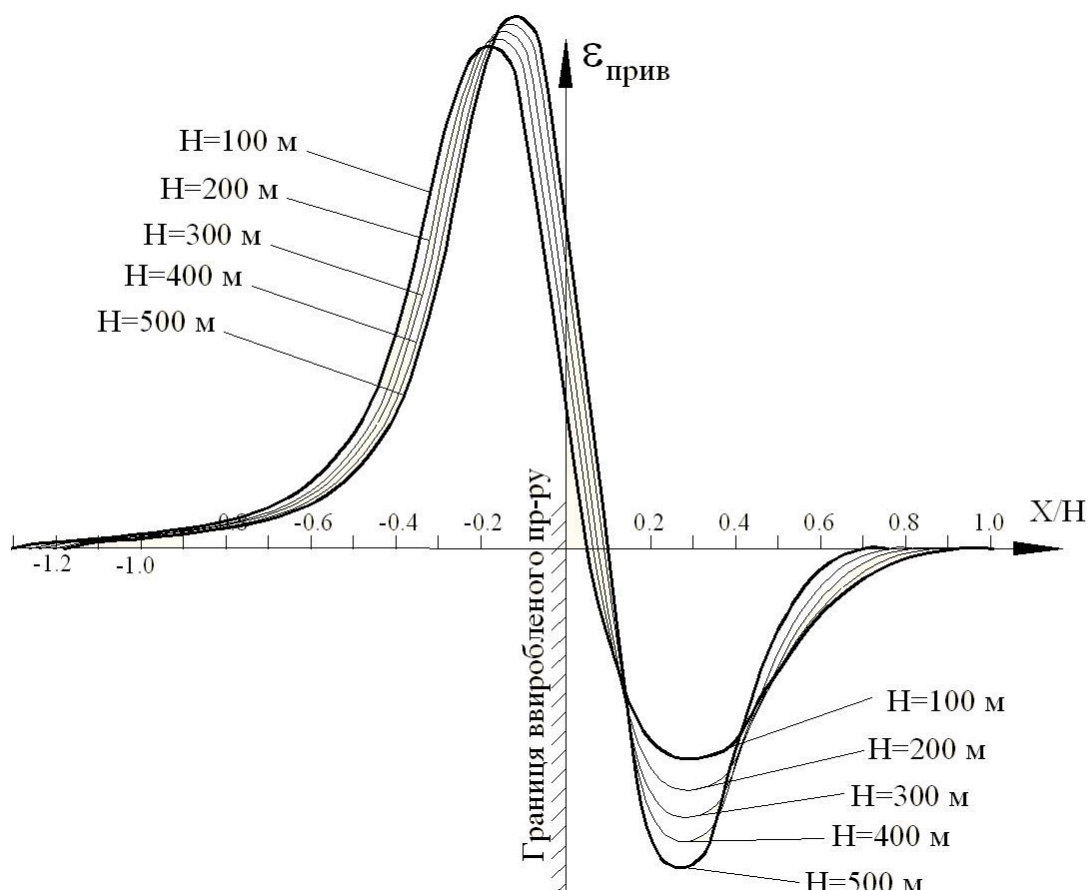


Рис. 8. Типовий розподіл приведених горизонтальних деформацій в напівмульдї над розрізною піччю

З урахуванням раніш отриманих закономірностей положення характерних точок кривих горизонтальних деформацій, встановлений їх типовий розподіл в напівмульдах над розрізною піччю (рис. 8), над лінією

зупинки вибою (рис. 9) і над підготовчими штреками (рис. 10). Визначені коефіцієнти функції уніфікованого розподілу, що характеризують типовий розподіл в позначених напівмульдах. Вплив глибини розробки в головному перетині, паралельному напрямку руху очисного вибою, враховується коефіцієнтами K_ε і K_X , роздільно в області розтягувань і стиснень земної поверхні:

– у напівмульді над розрізною піччю

$$K_\varepsilon^- = 0.0012N + 0.935 \text{ (в області стиснень);}$$

$$K_\varepsilon^+ = 0.00015N + 0.985 \text{ (в області розтягувань);}$$

$$K_X^- = -0.00065N + 0.930 \text{ (в області стиснень);}$$

$$K_X^+ = -0.00012N + 0.858 \text{ (в області розтягувань)}$$

– у напівмульді над лінією зупинки вибою

$$K_\varepsilon^- = 1 \text{ (в області стиснень);}$$

$$K_\varepsilon^+ = 1 \text{ (в області розтягувань);}$$

$$K_X^- = -0.00025N + 0.825 \text{ (в області стиснень);}$$

$$K_X^+ = -0.000666N + 1.133 \text{ (в області розтягувань).}$$

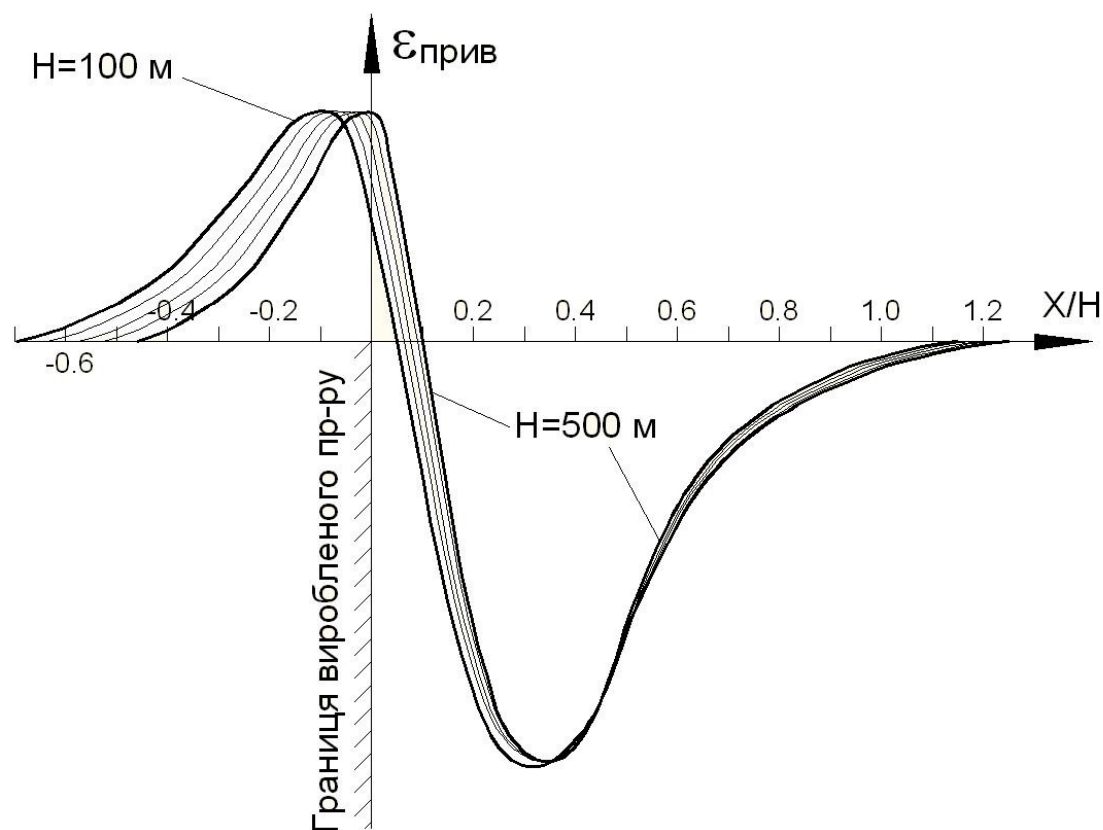


Рис. 9. Типовий розподіл приведених горизонтальних деформацій в напівмульді над лінією зупинки очисного вибою

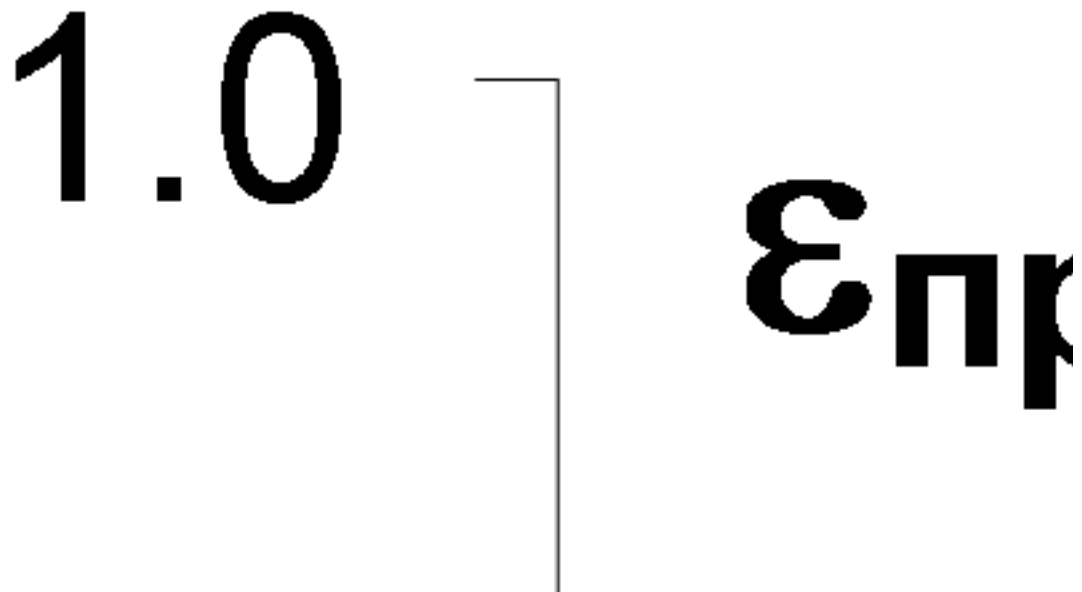


Рис. 10. Типовий розподіл приведених горизонтальних деформацій в напівмульдi над штреками

В результаті аналізу величин і характеру розподілу горизонтальних зрушень і деформацій над рухомим очисним вибоєм встановлене наступне.

Швидкість посування очисного вибою не впливає на характер розподілу горизонтальних зрушень і деформацій. При збільшенні швидкості посування вибою спостерігається “відставання” напівмульди від рухомої границі виробленого простору. Це характеризується залежністю положення точки з максимальними горизонтальними зрушеннями (точка 2, рис. 3) від швидкості посування очисного вибою:

$$X_2 = \frac{(v + 12) \cdot H}{307},$$

де v – швидкість посування очисного вибою, м/міс; H – глибина розробки.

Характер розподілу горизонтальних зрушень і деформацій над рухомим очисним вибоєм не змінюється після його зупинки. Отже, для прогнозування горизонтальних зрушень і деформацій над рухомим очисним вибоєм можна використовувати функцію уніфікованого розподілу, отриману для напівмульди над лінією зупинки очисного вибою. Величини максимальних горизонтальних деформацій після зупинки вибою змінюються не більше ніж на 5% від максимальних величин при процесі зрушення, що завершився. Це підтверджують результати на профільних лініях, де спостереження проводилися через рік після зупинки очисного вибою.

У четвертому розділі виконаний аналіз вертикальних і горизонтальних деформацій масиву гірських порід на основі результатів інструментальних спостережень з використанням наступних способів вимірювань:

- маркшейдерські вимірювання на спостережних станціях, що складаються з ліній реперів в підроблюваних підземних виробках (3 випадки);
- маркшейдерські спостереження за зрушенням глибинних реперів виконані на земній поверхні (2 спостережних свердловини, 10 реперів);
- маркшейдерські спостереження за зрушенням глибинних реперів виконані в підземних виробках (1 спостережна станція, 2 свердловини);
- геофізичні вимірювання у вертикальних свердловинах, пробурених із земної поверхні (1 спостережна станція, 2 свердловини);
- шахтні маркшейдерські спостереження за деформацією кріплення гірничих виробок в результаті підробки.

В результаті досліджень встановлені стадії деформування гірського масиву над рухомим очисним вибоєм:

– стадія первинного ущільнення порід. Початок цієї стадії спостерігається у верхніх шарах гірського масиву при підході очисного вибою на відстань $D/H=0,3$. Ущільнення гірських порід формується під дією підвищеного гірського тиску над краєвою частиною пласта, що розробляється;

– стадія інтенсивного опускання порід покрівлі пласта, що розробляється. На цій стадії вся товща гірських порід над виробленим простором переходить в розвантажений стан з характерними для нього вертикальними деформаціями розтягнення ($D/H=-0,1\dots-0,55$);

– стадія вторинного ущільнення порід спостерігається при віддаленні очисного вибою на відстань $0,55D/H$. При подальшому русі очисного вибою осідання нижніх шарів гірського масиву не перевищують 50 мм.

Інструментальними спостереженнями встановлено, що в умовах Західного Донбасу попереду рухомого очисного вибою має місце зона розвантаження масиву і підняття гірських порід. Ступінь розвантаженості та висота цієї зони залежать від швидкості посування очисного вибою. При зменшенні швидкості посування висота зони розвантаження збільшується. Її горизонтальні розміри на горизонті вугільного пласта, що розробляється, складають $0,13-0,14H$. При швидкостях посування очисного вибою до 60 м/міс ефект розвантаження гірських порід попереду очисного вибою не спостерігається. Таким чином, зміною швидкості посування очисного вибою можна регулювати величини навантажень на кріплення очисних і підготовчих виробок.

Додаткові горизонтальні зрушення за напрямком руху очисного вибою (див. табл. 1) зафіксовані не тільки на земній поверхні але й в підроблюваному масиві. Їх величини над виробленим простором на висоті 70-ти потужностей пласта, що виймаються, складають 240 мм і у вищерозміщеній товщі залишаються постійними.

Рух очисного вибою впливає не тільки на величини горизонтальних зрушень, але й на вертикальну складову вектора зрушення. В результаті аналізу характеру розподілу осідань земної поверхні над розрізною піччю виявлена наявність додаткових осідань, величини яких зворотньопропорційні глибині підробки.

На основі аналізу і узагальнення результатів інструментальних спостережень запропонована схема зрушення гірських порід над рухомих очисним вибоєм в умовах розробки пологих вугільних пластів Західного Донбасу (рис. 11).

На схемі виділені наступні зони:

- 1,2 – опорного гірського тиску з деформаціями стиснення по нормалі до нашарування. Горизонтальні деформації в цій зоні відсутні;
- 3,4 – опорного тиску з вертикальними стисненнями. У цій зоні переважають горизонтальні розтягуючі зусилля;
- 5 – знижених або нульових напружень по нормалі до нашарування та підвищених горизонтальних напружень;
- 6 – повних зрушень з вертикальними зусиллями розтягання (зона повної підробки);
- 7 – розвантаження і підняття гірських порід з вертикальними розтягненнями по нормалі до нашарування. Ця зона знаходиться в нижній частині зони 4, а її висота залежить від швидкості посуювання очисного вибою.

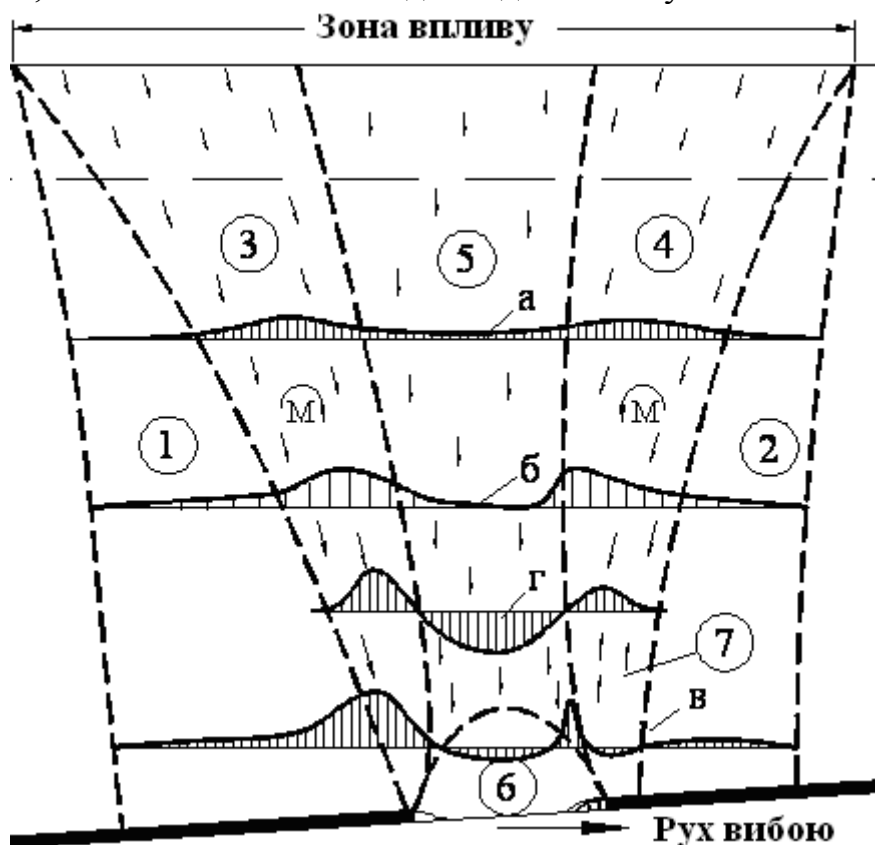


Рис. 11. Схема деформування гірських порід над очисною виробкою: а, б, в – епюри приросту вертикальних напружень (деформацій), г – епюра горизонтальних напружень (деформацій)

Максимальна висота зони повних зрушень (зони повної підробки масиву) за результатами інструментальних спостережень складає 70 потужностей пласта, що виймаються. Остаточний розвиток цієї зони за висотою спостерігається при відході вибою лави від розрізної печі на відстань 1,1 глибини розробки. У цей момент на земній поверхні завершуються процеси

формування додаткових горизонтальних зрушень і осідань. Отже, наявність додаткових горизонтальних зрушень і осідань є наслідком процесів, що відбуваються при формуванні зони повних зрушень.

За відсутності впливу очисної виробки елементарний об'єм масиву знаходиться в стані рівноваги. При цьому на нього діють навантаження, викликані вагою вищерозміщеної товщі гірських порід і силами бічного тиску.

Унаслідок виїмки корисної копалини над краюною частиною пласта, що розробляється, формуються зони підвищених вертикальних напружень (зони 3 і 4), а між ними – знижених (зона 6) з вертикальними розтягуючими деформаціями. Для простоти пояснення це явище схематично проілюстровано на ідеалізованій схемі (рис 12). У зонах 3, 4 при збільшенні вертикального навантаження на масив відбувається його поперечна деформація, яка залежно від величини σ_3 може бути пружною або пластичною. Унаслідок зменшення вертикального напруження в зоні 5, а відповідно й зменшенні сил бічного тиску, відбувається деформація порід в горизонтальній площині. Воно супроводжується горизонтальними переміщеннями ξ убік розвантаженого масиву. У зоні 6 під дією горизонтального навантаження з боку зон 3 і 4 відбувається вертикальна деформація гірських порід, що передається на вищерозміщені і шари, що пролягають нижче. Таким чином, підвищений гірський тиск в зонах 3, 4 призводить до появи додаткових вертикальних деформацій розтягнення в зоні 6, які перешкоджають переходу масиву в первинний стан. Цей механізм пояснює наявність додаткових горизонтальних зрушень і осідань масиву гірських порід над розрізною піччю, які формуються над краюною частиною в покрівлі вугільного пласта на висоту зони повних зрушень або 70-ти потужностей, що виймаються.

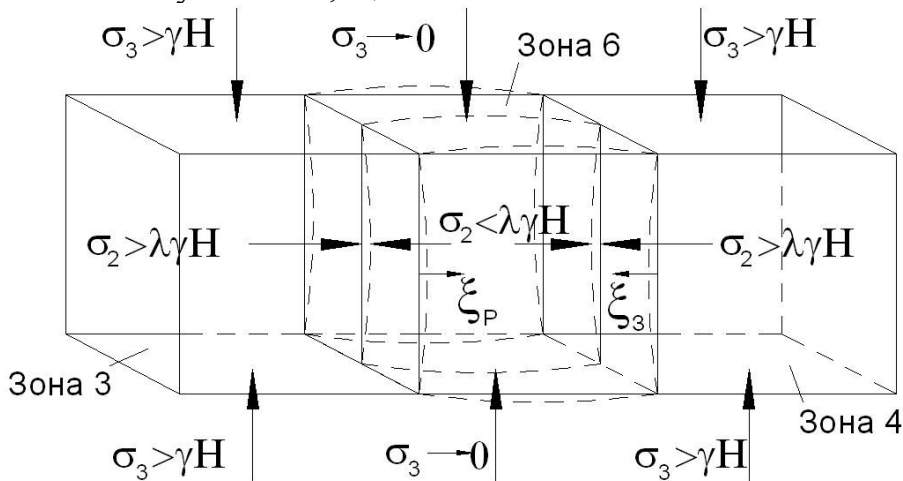


Рис. 12. Схема перерозподілу напружень в зонах 3, 4 і 6

Відмінність в процесі зрушення над розрізною піччю і над рухомим очисним вибоєм пояснюється різним ступенем розвитку реологічних процесів в цих зонах. Внаслідок цього, величина ξ_p значно перевищує ξ_3 (див. рис. 12).

Ступінь деформації гірських порід в зоні опорного тиску залежить не тільки від величини навантажень, але й від часу їх дії на визначену частину масиву. Про це свідчать величини осідань земної поверхні при їх розгляді

роздільно над розрізною піччю, над підготовчими штреками і над рухомим очисним вибоєм.

Осідання земної поверхні над розрізною піччю в середньому складають 40-50% від величини максимального осідання. Над рухомим очисним вибоєм ці величини мають значний діапазон зміни від 6% до 30%. Над підготовчими штреками спостерігається постійність цього співвідношення, що характеризується значенням 28%.

Зміна відношення осідань над розрізною піччю η_c до максимальних осідань η_{max} є наслідком пружно-пластичних деформацій краєвої частини масиву і її витискування у вироблений простір. Висота зони повних зрушень в масиві H_6 , в межах якої можливий прояв додаткових горизонтальних і вертикальних переміщень порід, складає 70 потужностей, що виймаються. Чим більше в товщі порід складає висота зони 6, тим більші величини осідань спостерігаються над границею виробленого простору. Залежність між η_c/η_{max} і співвідношення висоти зони H_6 до глибини розробки над границею очисної виробки H має лінійний характер.

В результаті комплексного аналізу процесу зрушення земної поверхні та масиву гірських порід встановлені геометричні параметри зон зрушення і

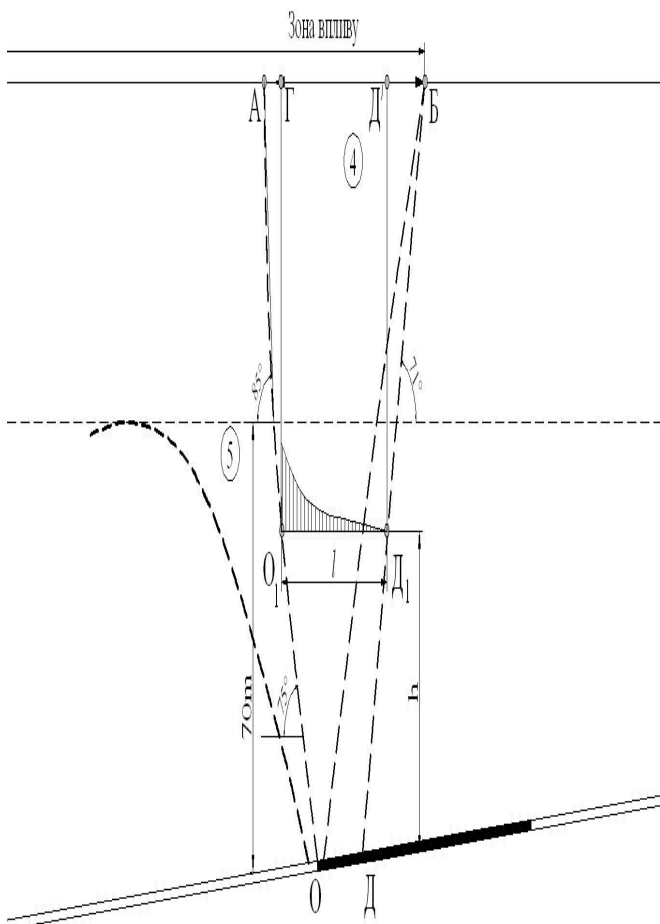


Рис. 13. Схема для визначення приросту гірського тиску ΔP на висоті h від покрівли вугільного пласта

зокрема зони підвищеного гірського тиску. З боку непорушеного масиву межа цієї зони представлена лінією БД (рис. 13), нахилену до горизонту під кутом $\delta_B=71^\circ$. З боку виробленого простору межа зони підвищеного гірського тиску складається з двох лінійних ділянок, що складають з горизонтом кути δ_A : нижній – 75° , верхній, – 85° . Наведені кутові величини справедливі для напівмульди над рухомим очисним вибоєм. Після закінчення процесу зрушення кут δ_B в напівмульді над розрізною піччю приймає значення 65° , над штреками і над лінією зупинки вибою – 60° .

Вага порідних шарів в межах зони $O_1A\Gamma$ формує підвищений гірський тиск на ділянці O_1D_1 . Отже, загальний приріст гірського тиску ΔP може бути визначений як відношення площ:

$$\Delta P = \frac{S_{1AA}}{S_{2AA}}$$

Величина ΔP в межах зони підвищеного гірського тиску розподіляється нерівномірно. Враховуючи взаємозв'язок між осіданнями земної поверхні, гірського масиву і підвищеним гірським тиском можна стверджувати, що функція розподілу опорного тиску ідентична функції розподілу осідань земної поверхні над краєвою частиною масиву.

В результаті приведення кривих осідань до єдиних гірничо-геологічних умов підробки отримані коефіцієнти одиничної функції розподілу підвищеного гірського тиску $F_{\eta}(z)$ (рис. 14).

Внаслідок підвищеного гірського тиску і пружно-пластичних деформацій над краєвою частиною вугільного пласта відбувається переміщення максимуму приросту гірського тиску вбік непорушеного масиву на величину d , яка за результатами експериментальних досліджень для умов Західного Донбасу складає 0,11Н.

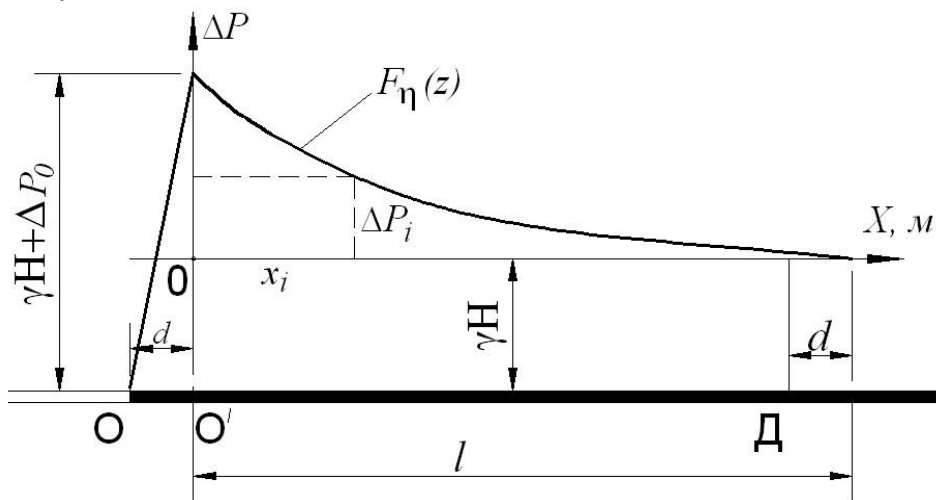


Рис. 14. Схема для визначення приросту гірського тиску ΔP в зоні підвищеного гірського тиску

Для якісного підтвердження висновків про відмінність в характеру розподілу деформацій земної поверхні над розрізною піччю, над рухомим очисним вибоєм і над лінією його зупинки виконано моделювання процесу зрушення над одиночною очисною виробкою.

В результаті покрокового моделювання, що імітує послідовну виїмку корисної копалини, істотних змін в характері горизонтальних зрушень земної поверхні не виявлено (рис. 15, розрахункова крива 1). Це можна пояснити наступним. По-перше, при вирішенні пружної задачі відсутні області зниження вертикальних напружень, що утворюються внаслідок руйнування порід краєвої частини масиву, що підробляється. По-друге, не враховуються реологічні властивості порід, які по-різному проявляються над розрізною піччю і над рухомим очисним вибоєм.

Застосування змінних модулів, що враховують зміну фізико-механічних властивостей в часі, дозволило отримати схожість результатів моделювання і фактичних величин (див. рис. 15, розрахункова крива 2). На рис. 16 наведена ешюра горизонтальних зрушень для умов підробки спостережної станції №13. Тісніший зв'язок між фактичними і модельованими величинами можна отримати в результаті рішення пружно-пластичної задачі. Для цього необхідно

отримати точні характеристики повзучості масиву гірських порід в Західному Донбасі.

Таким чином, застосування змінних модулів дозволяє врахувати ступінь розвитку реологічних процесів.

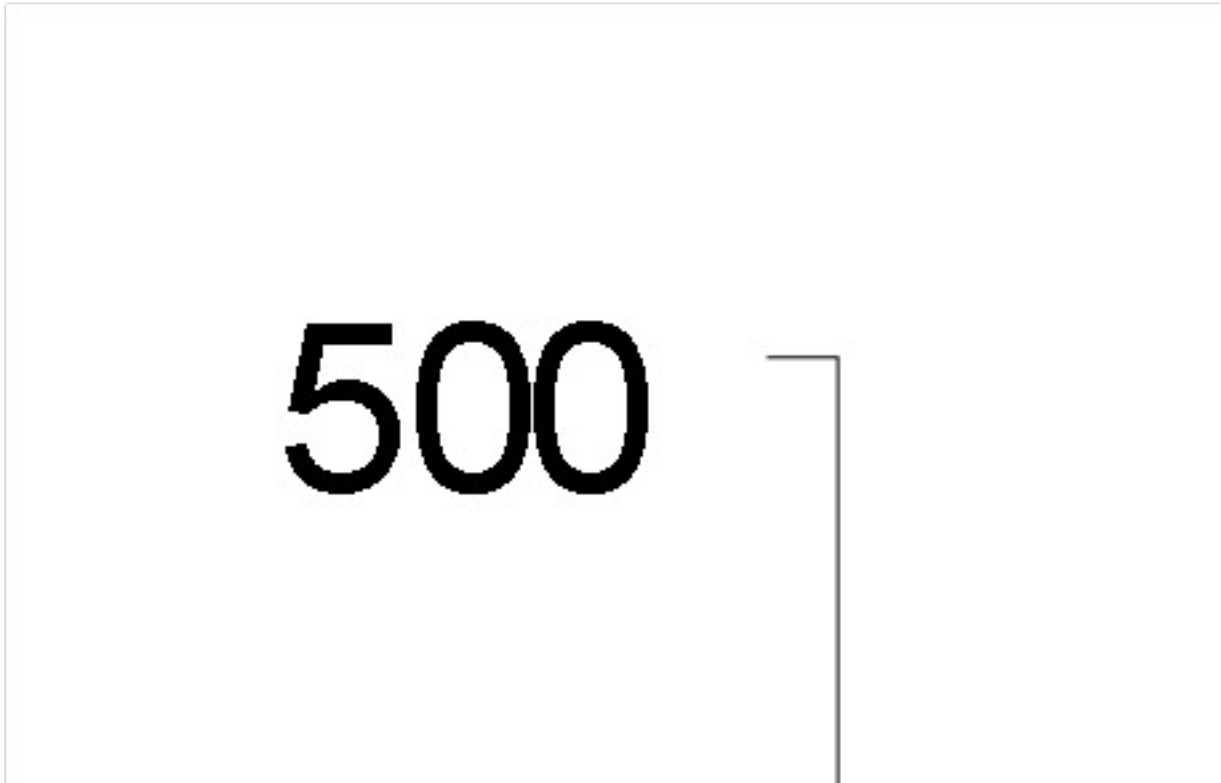


Рис. 15. Криві горизонтальних зрушень за результатами першого і останнього рішень

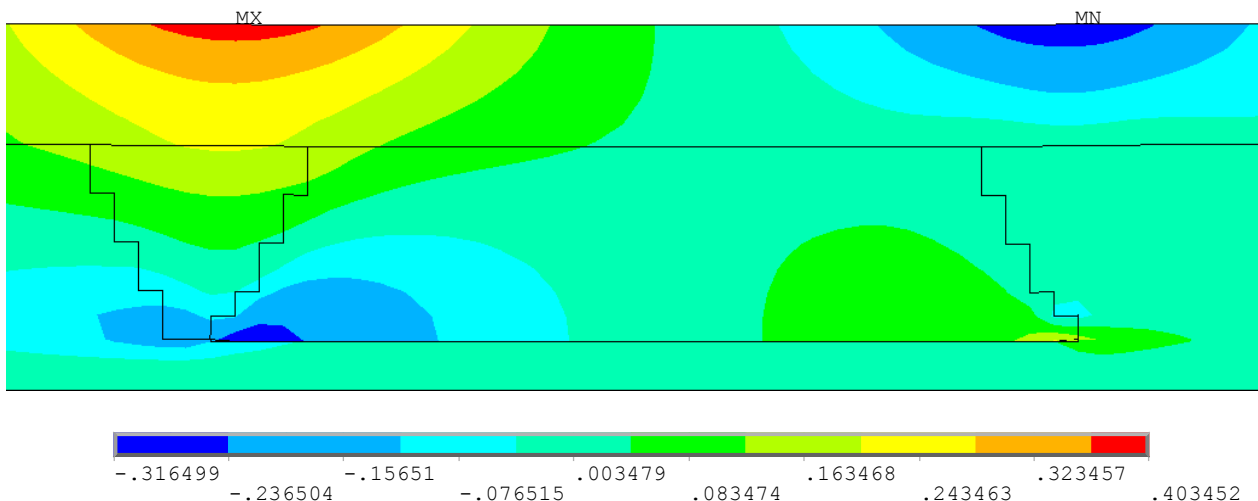
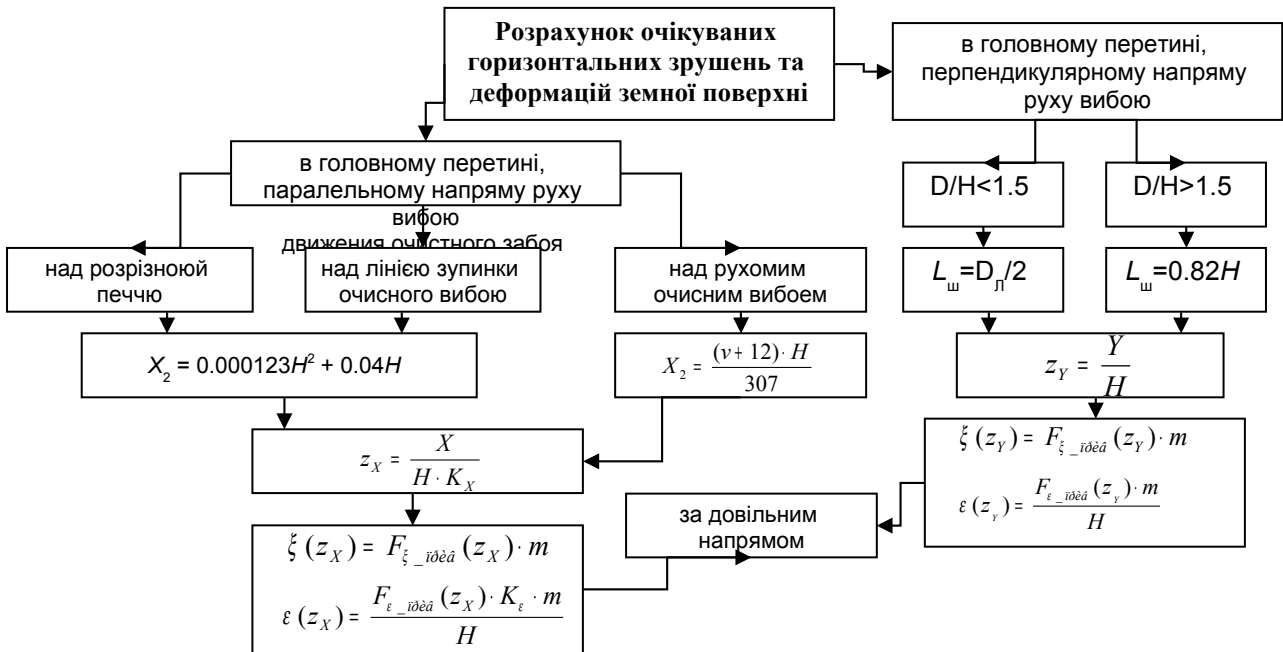


Рис. 16. Еюра горизонтальних зрушень за результатами моделювання

У п'ятому розділі запропонована методика прогнозування горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні та масиву гірських порід в умовах розробки пологих вугільних пластів довгими стовпами в Західному Донбасі. Методика може застосовуватися при процесі зрушення, що завершився, а також в умовах рухомого очисного вибою на стадії синхронного

зрушення. Запропоновані нові терміни, що характеризують умови розробки пологих пластів в Західному Донбасі. Зокрема головні перетини мульди зрушення розділяються не за критерієм елементів залягання пласта, а за критерієм їх розташування щодо напрямку посування очисного вибою. В умовах рухомого очисного вибою вперше для умов Західного Донбасу враховується швидкість його посування.



m – потужність пласта, що виймається; H – глибина розробки; X, Y – абсолютні координати точки; z_x, z_y – відносні координати точки; X_2, L_w – відстань від границі виробки до початку відліку відповідно по вісі X та Y ; v – швидкість посування очисного вибою; F_{ξ}, F_{ϵ} – функції розподілу приведених горизонтальних зрушень та деформацій.

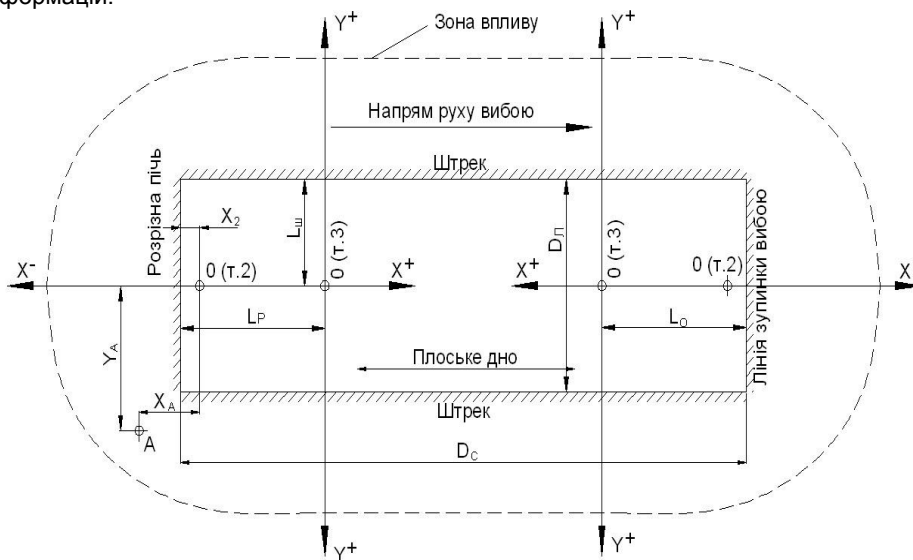


Рис. 17. Блок-схема до визначення горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні

Запропонована методика прогнозування горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні, що виключає застосування кутових параметрів, визначення довжин напівмульд та величини відносного максимального

горизонтального зрушення, що підвищує її надійність з переходом на великі глибини розробки (рис. 17). За наслідками оцінки точності середня похибка розподілу горизонтальних зрушень за запропонованою методикою склала 13%, горизонтальних деформацій – 20%. Різниця максимальних фактичних і прогнозних величин не перевищує 7%. Діюча методика характеризується похибками розподілу зрушень і деформацій – 40-60%, а по деяких спостережних станціях вони сягають значень 100%.

Розроблена методика прогнозування горизонтальних зрушень і деформацій гірських порід, заснована на взаємозв'язку параметрів процесу зрушення земної поверхні та масиву, що підробляється (рис. 18). Методика враховує різний характер розподілу деформацій масиву гірських порід в межах зони повних зрушень заввишки 70 потужностей пласта, що виймаються, та у вищерозміщеній товщі.

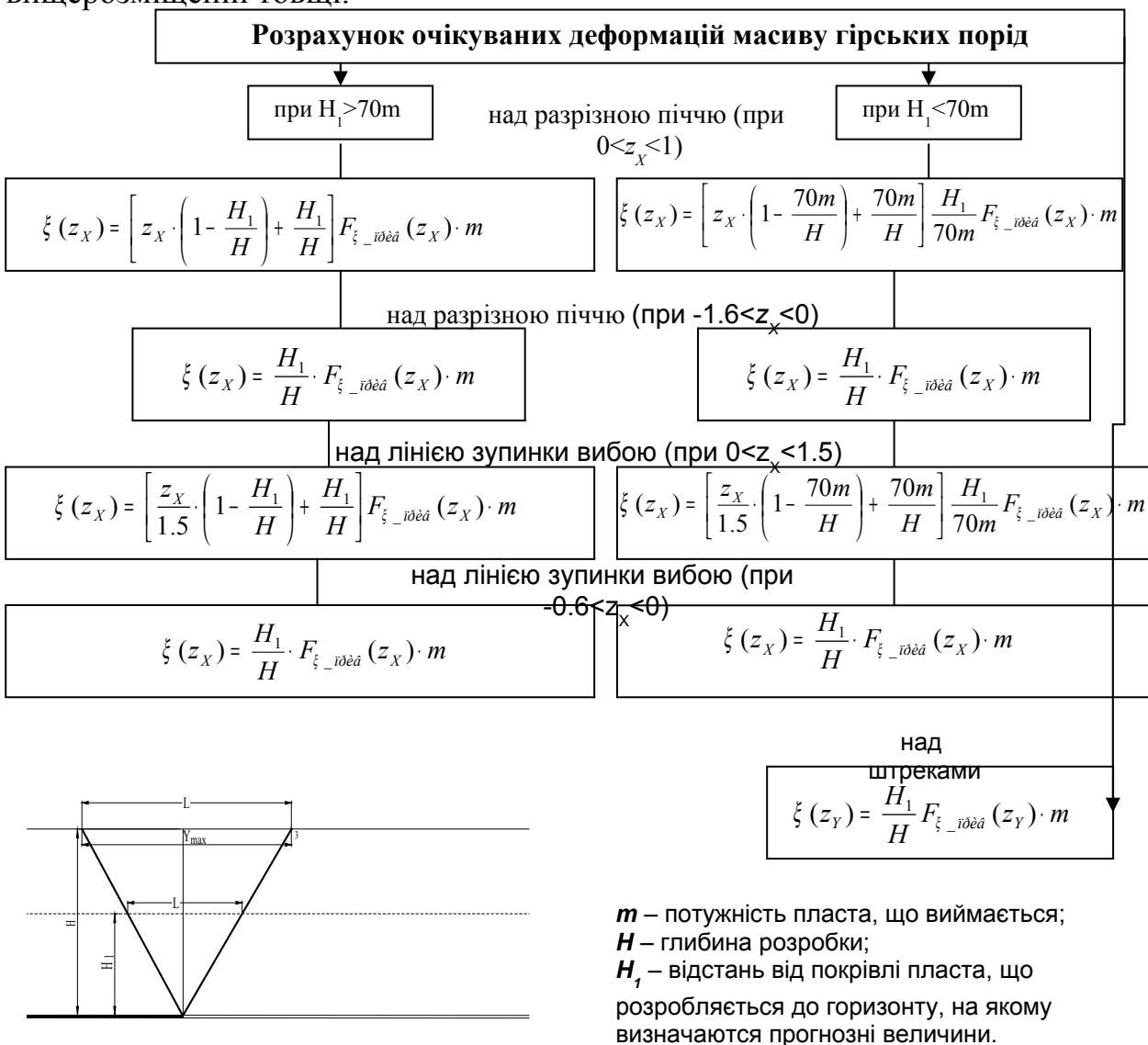


Рис. 18. Блок-схема до визначення горизонтальних зрушень і деформацій масиву гірських порід

В результаті комплексного аналізу зрушень і деформацій земної поверхні та масиву гірських порід розроблена методика прогнозування приросту гірського тиску (рис. 19). Вона дозволяє встановити очікувані величини

вертикального напруження в будь-якій точці області підвищеного гірського тиску. Запропонована методика базується на залежності між осіданнями земної поверхні над краєвою частиною масиву та напруженнями в зоні опорного тиску.

Визначення приросту гірського тиску

Ширина зони підвищеного гірського тиску l на висоті h

$$l = (X_{\min} - (H - h) \operatorname{ctg} \delta'_A) + h \cdot \operatorname{ctg} \delta_A \quad \text{при } h < 70\text{m}$$

$$l = (X_{\min} - (H - h) \operatorname{ctg} \delta'_A) + 70m \cdot \operatorname{ctg} \delta_A + (h - 70m) \cdot \operatorname{ctg} \delta'_A \quad \text{при } h > 70\text{m}$$

Коефіцієнти функції приросту гірського тиску

$$\Delta P_i = F_{\eta}(z_i) \cdot \frac{0.5(H - 70m)^2 \cdot \operatorname{ctg} \delta'_A + (70m - h)[0.5(70m - h) + (H - 70m)] \cdot \operatorname{ctg} \delta_A}{(H - h)[(X_{\min} - (H - h) \operatorname{ctg} \delta'_A) + h \cdot \operatorname{ctg} \delta_A]} \quad \text{при } h < 70\text{m}$$

$$\Delta P_i = F_{\eta}(z_i) \cdot \frac{0.5(H - h)^2 \cdot \operatorname{ctg} \delta'_A}{(H - h)[X_{\min} - (H - h) \operatorname{ctg} \delta'_A + 70m \cdot \operatorname{ctg} \delta_A + (h - 70m) \operatorname{ctg} \delta'_A]} \quad \text{при } h > 70\text{m}$$

m – потужність пласта, що виймається;
 H – глибина розробки;
 h – відстань від покрівлі пласта, що розробляється до горизонту, на якому визначаються прогнозні величини.

$$X_{\min} = z_{\min} \cdot H \cdot K_X + X_2 \quad X_{\max} = z_{\max} \cdot H \cdot K_X + X_2$$

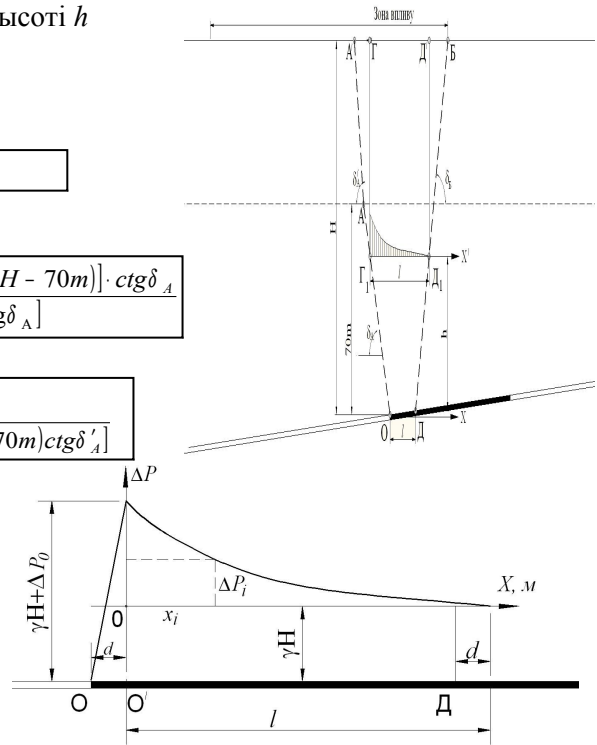


Рис. 19. Блок-схема до визначення приросту гірського тиску

ВИСНОВОК

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі комплексного аналізу процесу зрушення земної поверхні та масиву гірських порід в умовах руху очисного вибою та після його зупинки отримано нове вирішення науково-технічної проблеми встановлення закономірностей деформування земної поверхні та підроблюваного масиву та прогнозування горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні та підроблюваного масиву над очисними виробками пологих вугільних пластів Західного Донбасу.

Основні наукові та практичні результати, висновки і рекомендації полягають у наступному:

1. На основі комплексного аналізу вертикальних і горизонтальних зрушень встановлено, що їх характер розподілу в мульдї зрушення при процесі зрушення, що завершився, різний.

2. Встановлено, що для горно-геологічних умов розробки вугільних пластів Західного Донбасу взаємозв'язок між потужністю наносів і величинами горизонтальних зрушень і деформацій відсутній.

3. Встановлено, що при розробці вугільних пластів довгими стовпами в плоскому дні мульдї зрушення мають місце горизонтальні зрушення земної

поверхні та масиву гірських порід, спрямовані у бік руху очисного вибою. Їх величина для умов Західного Донбасу є постійною і складає близько 240 мм.

4. Формування горизонтальних зрушень масиву відбувається під дією пружно-пластичних деформацій, що виникають над розрізною піччю в області підвищеного гірського тиску на висоту 70-ти потужностей, що виймаються.

5. Для масиву гірських порід Західного Донбасу визначені характерні зони зрушення в умовах рухомого очисного вибою. Встановлені геометричні параметри цих зон.

6. Встановлено, що при розробці слабометаморфізованих порід Західного Донбасу попереду рухомого очисного вибою виникає зона знижених напружень, геометричні параметри якої залежать від швидкості посування очисного вибою.

7. В результаті сумісного аналізу зрушення земної поверхні та масиву гірських порід встановлений характер розподілу приросту гірського тиску над краєвою частиною гірського масиву і геометричні параметри зони підвищеного гірського тиску.

8. Розроблена нова методика прогнозування горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні в умовах руху очисного вибою і при процесі зрушення, що завершився.

9. Розроблена методика прогнозування горизонтальних зрушень і деформацій масиву гірських порід для умов розробки пологих пластів Західного Донбасу довгими стовпами.

10. Розроблена методика визначення приросту гірського тиску над краєвою частиною вугільного пласта, що розробляється, заснована на взаємозв'язку між напруженнями в зоні опорного тиску і зрушеннями земної поверхні.

Основні положення дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Кучин О.С. Сдвигение земной поверхности на пластовых месторождениях Приднепровья: Монография / Г.Ф. Гаврюк, Г.А. Антипенко, А.С. Кучин, В.А. Назаренко; За ред. В.О. Назаренка. – Д.: Національний гірничий університет. – 2010. – 184 с.

2. Кучин А.С. Определение продолжительности процесса сдвижения с учетом распределения деформаций земной поверхности по площади мульды сдвижения / А.С. Кучин, В.И. Диковенко, В.А. Назаренко // Вісник Криворізького технічного університету. – 2005. – Вип. 8. – С. 27-29.

3. Кучин А.С. Закономерности изменения вертикальных деформаций земной поверхности в мульде сдвижения над движущимся очистным забоем / А.С. Кучин, В.А. Назаренко // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2005. – №22. – С.36-41.

4. Кучин А.С. Направление деформаций, определяющее наибольшее влияние на подрабатываемое сооружение / А.С. Кучин, В.А. Назаренко // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – № 1. – 2005. – С.18-21.

5. Кучин А.С. Продолжительность активной стадии процесса сдвижения земной поверхности в Западном Донбассе / А.С. Кучин, В.А. Назаренко // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – № 7. – 2005. – С.7-10.

6. Кучин А.С. Закономерности расположения максимальных отрицательных наклонов земной поверхности в мульде сдвижения / А.С. Кучин, Н.В. Йощенко, В.А. Назаренко // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2007. – №27. – С.24-30.

7. Кучин А.С. Оценка точности прогнозных сдвижений и деформаций земной поверхности / А.С. Кучин, А.В. Голдаев, В.А. Назаренко // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – № 8. – 2007.– С.26-29.

8. Кучин А.С. О максимальных горизонтальных сдвижениях земной поверхности на стадии формирования мульды сдвижения // А.С. Кучин, С.Ф. Леонов, В.А. Назаренко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць.– № 72. – 2007.– С.131-138.

9. Кучин А.С. Сдвижение земной поверхности при последовательной отработке смежных столбов / А.С. Кучин, А.В. Бруй // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – № 2. – 2008.– С.7-10.

10. Кучин О.С. Зрушення земної поверхні і гірського масиву в плоскому дні мульди зрушення / О.С. Кучин, І.Є. Балафін, Г.В. Бруй // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць.– № 77. – 2008.– С.122-129.

11. Кучин А.С. Развитие вертикальных деформаций и горизонтальных сдвижений над движущимся очистным забоем / А.С. Кучин, И.Е. Балафин // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – № 8. – 2009.– С.7-10.

12. Кучин А.С. Закономерности изменения максимальных оседаний и наклонов земной поверхности на стадии формирования мульды сдвижения / А.С. Кучин // Наукові праці УкрНДМІ. – 2009. – №5. ч.1. – С.267-275.

13. Кучин А.С. Анализ маркшейдерских инструментальных наблюдений за смещением контуров 157 бортового штрека шахты «Степная» / В.А. Назаренко, А.В. Бруй, А.С. Кучин // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2010. – №34. – т.2. – С.70-75.

14. Кучин А.С. О положении точек нулевых горизонтальных сдвижений земной поверхности при отходе лавы от разрезной печи / А.С. Кучин, С.Ф. Леонов // Проблеми гірського тиску. Збірник наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ. – 2010. – Вип.18. – С.27-37.

15. Кучин А.С. Сдвижение земной поверхности при повторной подработке и больших скоростях подвигания очистного забоя / А.С. Кучин, С.Ф. Леонов, Е.В. Стельмашук, А.П. Швец, Л.А. Ковалевич // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 7-8. – С.38-42.

16. Кучин А.С. Об унитарном характере граничных углов в условиях Западного Донбасса / И.Е. Балафин, А.С. Кучин, В.А. Назаренко // Вісник Криворізького технічного університету. – 2011. – Вип. 28. – С. 27-29.

17. Кучин А.С. Сдвижение массива горных пород в Западном Донбассе / А.С. Кучин // Проблеми гірського тиску. Збірник наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ. – 2011. – Вип.19 – С.38-61.

18. Кучин А.С. Горизонтальные смещения земной поверхности над движущимся очистным забоем / А.С. Кучин // Науковий вісник НГУ. – 2011. – № 3. – С.26-31.

19. Кучин А.С. Пространственное смещение точек при подработке / А.С. Кучин // Разработка рудных месторождений. – 2011. – Вып. 94. – С.128-134.
20. Кучин А.С. Сдвигение массива горных пород над движущимся очистным забоем в Западном Донбассе / А.С. Кучин // Наукові праці УкрНДМИ. – 2011. – №9. ч.1. – С.10-19.
21. Кучин А.С. Формирование горизонтальных сдвижений при отходе лавы от разрезной печи / О.С. Кучин // Науковий вісник НГУ. – 2011. – № 5.– С.62-66.
22. Кучин О.С. Планове положення точок з максимальними деформаціями земної поверхні / А.С. Кучин // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2011. – Вип. III(58). – С.179-184.
23. Кучин А.С. Анализ величин максимальных вертикальных и горизонтальных сдвижений земной поверхности / А.С. Кучин // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 2. – С.26-31.
24. Кучин А.С. Общие закономерности изменения максимальных оседаний земной поверхности при формировании мульды сдвижения / Н.С. Кашина, А.С. Кучин, В.А. Назаренко // Матеріали між нар. конф. «Форум гірників - 2006», 12-15 жовтня 2006. Шляхи розвитку маркшейдерсько-геодезичних робіт. – Д.: НГУ – 2006. – С.269-274.
25. Кучин А.С. Исследование граничных углов на шахтах Западного Донбасса / И.Е. Балафин, А.С. Кучин, В.А. Назаренко // Матеріали між нар. конф. «Форум гірників - 2010», 22-25 жовтня 2010 р. Шляхи розвитку маркшейдерсько-геодезичних робіт. – Д.: НГУ. – 2010. – С.263-267.
26. Кучин А.С., Халимендик Ю.М. Смещение пород кровли угольного пласта впереди движущегося очистного забоя / А.С. Кучин, Ю.М. Халимендик // Матеріали ХХІ між нар. наук. школи ім. Академіка С.А. Христіановича «Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках». 19-25 вересня 2011 р. – 2011. – С.372-376.
27. Кучин А.С. Сдвигение земной поверхности в плоском дне мульды сдвижения / А.С. Кучин // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2011», 22-23 жовтень 2011 р. Шляхи розвитку маркшейдерсько-геодезичних робіт. – Д.: НГУ. – 2011. – С.261-267.
28. Kuchin A. Dependence of the maximum surface subsidence on setup entry distance / A. Kuchin, Y. Khalimendik, E. Stelmashuk, M. Chemakina // Scientific Reports on Resource Issues. – 2010. – v.2. – S.169-174.

АНОТАЦІЯ

Кучин Олександр Сергійович Закономірності деформування земної поверхні та масиву слабометаморфізованих гірських порід при розробці пологих вугільних пластів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.01 – Маркшейдерія. – Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2012.

Дисертація присвячена вивченню і встановленню комплексних закономірностей деформацій земної поверхні та масиву слабометаморфізованих гірських при розробці пологих вугільних пластів. Встановлено, що характер розподілу горизонтальних зрушень і деформацій, залежить від глибини підробки, напряму руху очисного вибою, ступеню розвитку реологічних процесів і геометричних параметрів зон зрушення над очисною виробкою. Формування горизонтальної і вертикальної складових вектора зрушення відбувається під впливом різних чинників, що не дозволяє використовувати загальні принципи їх прогнозування. Запропонований механізм формування горизонтальних зрушень і деформацій підроблюваного масиву і геометричні параметри зон зрушення над рухомим очисним вибоєм. Розроблені методика прогнозування зрушень і деформацій земної поверхні та масиву гірських порід, методика визначення величин приросту гірського тиску в довільних точках зони підвищеного гірського тиску.

Ключові слова: земна поверхня, масив гірських порід, вугільний пласт, процес зрушення, напівмульда, зрушення і деформації, гірський тиск, напруження, очисний вибій, прогнозування.

АННОТАЦИЯ

Кучин А.С. Закономерности деформирования земной поверхности и массива слабометаморфизованных горных пород при разработке пологих угольных пластов. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.15.01 – Маркшейдерия. – Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2012.

Диссертация посвящена изучению и установлению комплексных закономерностей деформирования земной поверхности и массива слабометаморфизованных горных при разработке пологих угольных пластов. В диссертации исследовано состояние изученности по выбранному направлению, в результате которого установлено, что процесс горизонтального деформирования земной поверхности для условий разработки угольных пластов в Западном Донбассе изучен недостаточно. Исследования процесса сдвижения горных пород немногочисленны, а методика прогнозирования сдвижений и деформаций подрабатываемого массива отсутствует. Незначительный интерес к горизонтальной составляющей вектора сдвижения является следствием существующего утверждения о пропорциональности величин вертикальных и горизонтальных сдвижений, выдвинутое Авершиным С.Г. Характер распределения этих величин в пределах полумульды по существующим представлениям одинаковый, что не подтверждается результатами инструментальных наблюдений.

В результате производства комплекса инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности и массива горных работ установлены закономерности характера их деформирования в различных горно-геологических условиях подработки и скоростях подвигания очисного забоя.

Установлено, что характер распределения горизонтальных деформаций в главном сечении, параллельном направлению подвигания очистного забоя, зависит от глубины подработки, степени развития реологических процессов и геометрических параметров зон сдвижения над очистной выработкой. Полученная зависимость подтверждается результатами математического моделирования с применением переменных модулей, учитывающих изменение физико-механических свойств во времени. В плоском дне мульды сдвижения зафиксированы величины горизонтальных перемещений, значения которых для условий Западного Донбасса постоянны и равны 240 мм. В работе изучен механизм их образования вследствие процессов, происходящих на контакте зон повышенного и пониженного горного давления.

На основе комплексного анализа сдвижений и деформаций земной поверхности и массива горных пород установлены геометрические параметры зон сдвижений над движущимся очистным забоем и после его остановки. Установлено, что при скоростях подвигания очистного забоя свыше 60 м/мес впереди него формируется область пониженных вертикальных напряжений. Геометрические параметры этой области и степень понижения напряжений зависят от скорости подвигания забоя.

В результате комплексного анализа параметров деформирования земной поверхности и подрабатываемого массива разработана методика определения величин прироста горного давления в произвольных точках зоны повышенного горного давления.

Предложена методика прогнозирования горизонтальных сдвижений и деформаций земной поверхности и массива горных пород, которая учитывает скорость подвигания очистного забоя. В отличие от существующей методики для определения влияния подземных разработок на земной поверхности не применяются угловые параметры, а характер распределения прогнозируемых величин изменяется с увеличением глубины подработки. Предложенная методика позволяет повысить надежность прогнозирования в 3 раза. Методика прогнозирования горизонтальных сдвижений и деформаций массива горных пород для условий Западного Донбасса предложена впервые.

Ключевые слова: земная поверхность, массив горных пород, угольный пласт, процесс сдвижения, полумульда, сдвижения и деформации, горное давление, напряжения, очистной забой, прогнозирование.

ABSTRACT

Alexandr S. Kuchin. Regularities of surface and the solid of slightly metamorphosed rock mass deformation when developing gently sloping coal seams. - Manuscript.

Thesis for the scientific degree of doctor of technical sciences, specialty 05.15.01 – Mine Surveying. – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, 2012.

The thesis is devoted to the study and the establishment of complex patterns of surface and the solid of slightly metamorphosed rock mass deformation when developing gently sloping coal seams. It is established that the distribution of horizontal displacement and deformation depends on the depth of underworking, the direction of the working face movement, the stage of development of rheological processes and geometric parameters of zones of subsidence above the working face. Formation of the horizontal and vertical components of the displacement vector is influenced by various factors, which prevents the use of general principles of forecasting them. The mechanism of formation of horizontal displacement and deformation of undermined solid and geometric parameters of subsidence zones above moving working face is proposed. Method of prediction of displacement and deformation of the earth's surface and the rock mass, method of determining growth value of rock pressure at arbitrary points of high rock pressure zones are developed.

Key words: earth's surface, rock mass, coal seam, subsidence process, semi-trough, displacements and deformations, rock pressure, pressure, working face, prediction.