

ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ ОБВАЛЕНЬ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК**¹Булат А.Ф., ¹Бунько Т.В., ¹Шейко А.В., ¹Кокоулін І.Є.**¹*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України***СНИЖЕНИЕ РИСКА ОБРУШЕНИЙ ПРИ ПРОХОДКЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК****¹Булат А.Ф., ¹Бунько Т.В., ¹Шейко А.В., ¹Кокоулин И.Е.**¹*Інститут геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины***DECREASE OF ROCK-FALL RISK AT THE MINE WORKINGS DRIVING****¹Bulat A.F., ¹Bunko T.V., ¹Sheiko A.V., ¹Kokoulin I.Ye.**¹*Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine*

Анотація. Обвалення гірських порід є однією з найбільш розповсюджених аварійних ситуацій у вугільній шахті (друга після газодинамічних явищ). Характерною відзнакою її є превалювання людського фактору у її виникненні: вона у більшій мірі спричиняється неправильними діями людини, ніж гірничо-геологічними та гірничотехнічними чинниками. Найбільш частими причинами обвалень гірничих порід є порушення паспортів кріплення (62%), невідповідність паспортів кріплення гірничо-геологічним умовам (8%), відсутність чи несправність кріплення. Аварія характеризується значними ризиками травмування (навіть смертельного) робітників і великою ймовірністю призупинення виробничого процесу. Основними напрямками технічних рішень з попередження обвалень є використання технології і обладнання з надійним і максимальним за площею перекриттям порід покрівлі; комплексна механізація очисних робіт: анкерне кріплення з датчиками деформацій (напружень) у підготовчих виробках і місцях їх сполучення з очисними вибоями. На основі шахтних спостережень встановлено, що інтенсивність вивалювань залежить від відстані до кріплення і часу її встановлення (часу запізнювання кріплення). Для кожного типу порід цей час свій. Встановлено, що час запізнювання кріплення тим більше, чим менше відстань від вибою до першої рами кріплення. Охарактеризовані особливості процесів обвалень та вивалювань дозволяють вирішити деякі задачі оцінки ризиків обвалень гірничих порід і їх зниження. Ризик обвалень залежить значною мірою не тільки від гірничо-геологічних умов, а і від якості проведення вибухових робіт. Такий же висновок можна зробити за умови використання інших способів проведення виробок. Керуючись наведеним аналізом, можна розрахувати умови виникнення аварійної ситуації, пов'язаної з обваленням гірничих порід, і тим самим зменшити ймовірність знаходження людей у виробках, що зазнають впливу вражаючих чинників аварії, і запобігти травмуванню людей.

Ключові слова: ризик обвалень, прохідницькі виробки, травмування персоналу, керування гірничим тиском, оцінка ризиків, ризик-орієнтована технологія проведення виробок.

На сучасному етапі науково-технічного розвитку здійснюється перехід від стратегії захисту людини від випадкових проявів небезпечних виробничих факторів до стратегії передбачення небезпеки, усунення або локалізації її у процесі вдосконалення діючої і проектування нової технології виробництва.

Проведення гірничих виробок є одним з основних технологічних процесів гірничого виробництва. Відповідно воно характеризується і найбільшою кількістю можливих аварійних ситуацій та аварій, серед яких друге (після газодинамічних явищ) займають обвалення гірських порід. Останніми роками в Україні в середньому щорічно виникає 138 обвалень, що складає 36,4% від загальної кількості аварій. Як правило, обвалення супроводжуються травмуванням, навіть смертельним, персоналу шахти, порушенням нормального виробничого процесу і економічними збитками. Специфіка цього виду аварій полягає у тому, що вони провокуються безпосередніми виконавцями робіт, що викликано незнанням чи нехтуванням вимог виробничої безпеки та/або неправильним використанням паспортів керування гірничим тиском.

На відміну від таких аварій, як екзогенна пожежа чи вибух метану, обвалення меншою мірою залежить від природних чинників, ефективніше прогнозується, і зниження ризику виникнення її є процесом більш керованим. Питання зниження ризику обвалень під час проведення гірничих виробок є важливим науково-прикладним завданням.

Обвалення порід виникають найчастіше у сполученні очисних вибоїв з підготовчими виробками у розкріпленому просторі при пересуванні приводів вибійних конвеєрів, викладенні бутових смуг, вийманні ніш (51%); у розкріпленому просторі за комбайном при зачистці його перед засувкою конвеєра (13%); місцях пересування вручну посадочних стояків і тумб (8%); привибійному просторі підготовчих виробок у період прибирання породи, оформлення вибою і встановлення кріплення (18%); місцях перекріплення гірничих виробок у момент виймання кріплення (6%).

Найбільш частими причинами обвалень гірничих порід є порушення паспортів кріплення (62%), невідповідність паспортів кріплення гірничо-геологічним умовам (8%), відсутність чи несправність кріплення. Майже третина порушень проектів і паспортів кріплення пов'язані з діями керівників робіт, які своєчасно не забезпечили вибої матеріалами і елементами кріплення та/або видали завдання на проведення робіт у завідомо небезпечних місцях.

Основними напрямками технічних рішень є використання технології і обладнання з надійним і максимальним за площею перекриттям порід покрівлі; комплексна механізація очисних робіт: анкерне кріплення з датчиками деформацій (напружень) у підготовчих виробках і місцях їх сполучення з очисними вибоями.

З іншого боку, існує ще один вид обвалень: нарівні зі зміщенням породного контуру одним з основних проявів гірського тиску є вивалювання порід з боків виробки, яке може бути як локальним, так і охоплювати весь контур виробки, тобто включати обвалення покрівлі. Вони створюють додатковий (бічний) вплив на кріплення, тобто здатні погіршити аварійну ситуацію. Теоретичне обґрунтування процесу вивалювання більш складне, ніж у обвалення. Гіпотези, що пояснюють процес вивалювання, представлено в табл. 1.

Таблиця 1 – Гіпотези процесу вивалювання

Дослідники →	В. Рітгер, Ф. Енсеґгер, М.М. Протодьяконов	Ф. Мор, А. Айзексон	А. Лаббас, К. Руппенейт, Ю. Ліберман	К. Терцага, В Слесарьов
Сутність гіпотези →	Причина вивалів – дія сил ваги у обсязі склепіння обвалення	Причина – знаходження склепіння обвалення в умовах пружно-стисненого контуру	Причина – створення навколо виробки області непружних деформацій	Оцінка вивалоутворення може бути заснована лише на даних практичних спостережень.

Така різниця гіпотез не є випадковою: явище процесів вивалоутворень є досить різноманітним, і істина знаходиться десь на їх перехресті. Вивалювання

відрізняються, скажімо, природою виникнення: при комбайновому проведенні законтурний простір виробки залишається у непорушеному стані, тоді як при свердловибуховому способі проведення виробок у ньому залишаються тріщини від вибухових робіт. Туму міцність породного масиву різниться, і умови виникнення обвалення або вивалювання різні.

Вибій виробки стримує деформації уміщального масиву порід. І хоча частина масиву, що безпосередньо прилягає до вибою, і зазнає деяких деформацій, основна їх частина не реалізується внаслідок того, що діючі напруження недостатні для руйнування породного масиву, що знаходиться у трьохосьовому напруженому стані. При віддаленні вибою виробки і, відповідно, переході масиву з трьохосьового напруженого стану до двохосьового його гранична опірність руйнуючим напруженням знижується, що у випадку слабких уміщальних порід у покрівлі виробки приводить до їх руйнування. Якщо при цьому покрівлю виробки представлено шаруватими породами типу аргілітів або алевролітів, що мають природні поверхні ослаблення, то процес руйнування породи, насамперед, реалізується по поверхні ослаблення, що і приводить до вивалоутворення. Розмір вивалювання визначається відстанню до поверхні ослаблення, за якою виникло руйнування контактів породних шарів. Для цього достатньо, щоб нормальні і дотичні напруження на поверхні ослаблення були більші за їх міцність на зсування. Ці вивалювання створюють динамічні навантаження на вже встановлене кріплення і, у разі її неякісного контакту з масивом порід, приводять до обвалювання покрівлі на відстані 10 – 30 м від вибою виробки. Це створює аварійну ситуацію і різко погіршує безпеку ведення робіт з проведення виробки. На ліквідацію подібних аварій витрачаються значні матеріальні і трудові ресурси, тривалість ремонтних робіт складає 3-5 діб, що суттєво знижує ефективність використання робочого часу прохідницьких комбайнів.

Під час свердловибухового проведення виробок у аналогічних умовах вивалювання також виникають. Але при цьому навколо них під впливом на породний масив вибухових робіт формується зона технологічної неоднорідності, породи у якій вже у початковий момент часу після проведення зруйновані тріщинами. Тому вивалювання порід з покрівлі реалізуються безпосередньо під час вибухових робіт за рахунок динамічного впливу вибухової хвилі. На кріплення, яке встановлюється у виробці згодом, вони, в основному, не впливають і можуть визначати лише вибір запобіжної і тимчасової конструкції кріплення. Однак і у цьому випадку вони негативно впливають на умови проведення виробки, оскільки можуть зруйнувати найближчі до вибою 5-6 рам кріплення, а склепіння, що створюються, не дозволяють виконати якісне забутовування закріпного простору і вимагають викладання кострів і, нарешті, вони збільшують площу породного оголення і перетин виробки у проходці, що потребує додаткового часу на прибирання надлишку гірської породи.

На основі шахтних спостережень встановлено, що інтенсивність вивалювань залежить від відстані до кріплення і часу її встановлення (часу запізнювання кріплення). Для кожного типу порід цей час свій. Встановлено, що час запізнювання кріплення тим більше, чим менше відстань від вибою до першої

рами кріплення. При невеликому часі запізнювання кріплення t відстань від вибою до першої рами кріплення l не має суттєвого значення для стійких порід; для нестійких порід

$$t = \begin{cases} 2 \text{ доби}, l = 2,5l_k \\ 1 \text{ доба}, l = 5l_k, \end{cases}$$

де l_k – відстань між рамами кріплення. Для порід середньої міцності $t = 4$ доби при $l = 4l_k$. При слабких породах, якщо сталося вивалювання – то воно буде розвиватися. При середній міцності порід і міцних після крупного вивалювання можуть статися додатково невеликі.

Для визначення параметрів вивалоутворення у районі розривного геологічного порушення існує статистичний метод проф. Кошелева К.В. [1]. Основою для досліджень може бути наукове відкриття (Ніколін В.І., Подкопаєв С.В. та ін.), згідно фізичній сутності якого трьохосьове стискання і хімічне перетворення органічних речовин у процесі формування вугільних родовищ обумовили схильність порід до деформацій генетичного повернення – деформаціям пружного відновлення, пружної післядії і зворотної повзучості, що виникають як під час, так і після проведення виробок у напрямку площин оголення. Існують методи комп'ютерного моделювання процесів обвалення гірничих порід у вугільних шахтах [2,3].

Охарактеризовані особливості процесів обвалень та вивалювань дозволяють вирішити деякі задачі оцінки ризиків обвалення гірничих порід і їх зниження. Ризики ці $R_{об}$ залежать від параметрів стійкості контуру виробки. Тому автори [4,5] пропонують ризик обвалення гірничих порід (для умов використання свердловинного способу проведення виробок) за умови аркової та трапецієподібної форми виробки визначати як

$$R_{об} = 1 - \frac{l \cdot K_n \cdot K_{n.p.}}{k \cdot \lambda \cdot H},$$

де l – ширина виробки; K_n – коефіцієнт, що враховує час завантаження підірваної гірничої маси ($K_n = 1,2 \div 1,3$); $K_{n.p.}$ – коефіцієнт, що враховує якість вибухових робіт ($K_{n.p.} = 1,1 \div 1,2$); k – коефіцієнт концентрації розтягальних напружень у залежності від форми виробки і міцності порід (при трапецієподібній формі $k = 1$ [5], при арковій – $k = 0,2$); λ – коефіцієнт бічного розпору

$$\lambda = \frac{\mu}{1 - \mu},$$

μ – коефіцієнт Пуассона ($\mu = 0,25$); H – глибина ведення робіт від поверхні.

Як бачимо, ризик обвалення залежить значної мірою не тільки від гірничо-геологічних умов, а і від якості проведення вибухових робіт. Такий же висновок можна зробити за умови використання інших способів проведення виробок. З метою оцінки ризику проявлення небезпек засобів механізації гірничо-прохідницьких робіт автори [6,7] пропонують ранжувати якість і вагомість конкретного обладнання, яке використовується для виконання відповідних

виробничих процесів. Рівень небезпеки (ризик травмування) робітників можна, на їхню думку, визначити за результатами за результатами експертних оцінок або як здобуток імовірності проявів небезпеки (обвалення порід) на імовірність знаходження людини у небезпечній зоні. З урахуванням цих міркувань визначено показник ризику технологічної схеми з урахуванням природних, технічних і людських факторів.

Схему вибору ризик-орієнтованої технології проведення виробки можна представити наступним чином (рис. 1).

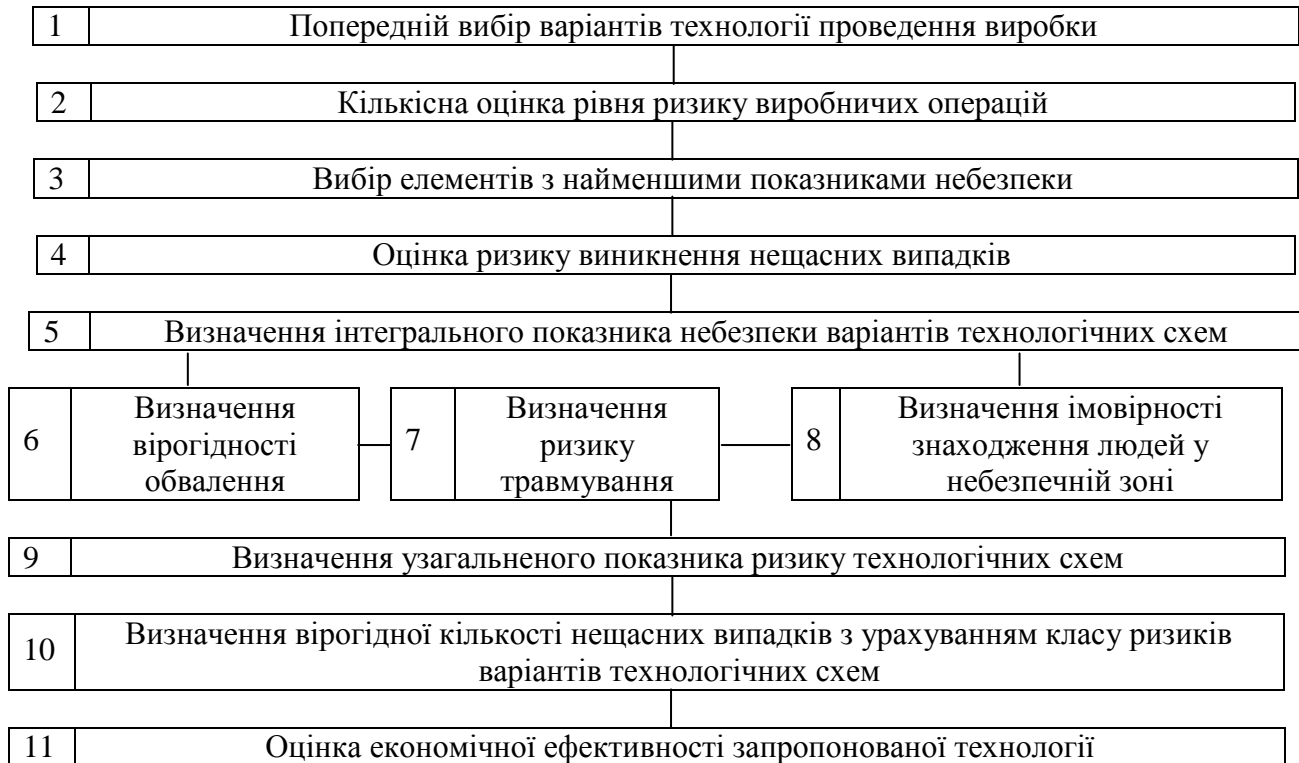


Рисунок 1 - Схема вибору ризик-орієнтованої технології проведення виробки

Аналізуючи схему, можна побачити, що блок 1 вибирає, яким чином буде проводитись виробка (який інструмент використовуватиметься, яка кількість людей і протягом якого часу працюватиме у виробці тощо). Блоки 2 і 3 оцінюють найбільш придатну схему праці з урахуванням гірничо-геологічних і технологічних чинників, і мінімізують кількісні показники технології. У блоці 4 оцінюється (кількісно) ризик виникнення нещасних випадків, а блок 5 інтегрує ці показники на технологічну схему. Блоки 6 і 8 визначають вірогідність обвалення і імовірність знаходження людей у його осередку, а блок 7 підраховує ризик травмування людей (теж кількісно). На основі результатів блоку 7 визначається (у блоці 9) узагальнений показник ризику технологічної системи. Блок 10 визначає головний показник безпеки роботи системи – вірогідність і кількість нещасних випадків у процесі проведення виробки, а блок 11 розраховує економічну ефективність оптимізації технології (зрозуміло, за умови мінімізації аварійних ризиків).

Пропонується наступний метод ранжування чинників ризиків (табл. 2).

Таблиця 2 - Ранжування чинників ризик-орієнтованої технології проведення виробки

№ п/п	Чинники, що впливають на ризик аварії	ІНА	Міри щодо попередження аварії
1	Невідповідність паспортів виїмкової ділянки, проведення і кріплення підготовчих виробок може бути обумовлене: - об'єктивною неможливістю кріплення і підтримання виробки у зоні впливу очисних робіт у даних гірничо-геологічних умовах - неправильним складанням паспорта внаслідок невраховування або недостатнього враховування чинників, що ускладнюють умови ведення очисних робіт і підтримання підготовчих виробок - порушенням паспорта виїмкової ділянки або кріплення виробки - невідповідністю вибраного кріплення гірничо-геологічним умовам	10 8 6 5	Вибір раціональних планованих рішень з розкромом шахтних полів, врахування рекомендацій з проведення підготовчих виробок у часі і просторі для подальшої обробки свити пластів. Кріплення виробок на сполученнях і протяжних ділянках створювати у відповідності з діючими нормативно-методичними документами з урахуванням конкретних гірничо-геологічних умов за довжиною виробок
2	У виробках, що підлягають збереженню на границі з виробленим простором: - неповна посадка покрівлі у лаві - невідповідність несучої спроможності і параметрів податливості штрекового кріплення, засобів підсилення штрекового кріплення і посадочно-захисних кріплень навантаженням, що виникають, особливо при осадці основної покрівлі у лаві - проведення виробок без запасу перетину на величину зміщення порід - наявність у підшві виробки шарів порід, схильних до пучення	6 8 6 5	
3	У виробках, що проводяться уприсічку до виробленого простору; - недостатній розрив у часі між погашенням виїмкового стовпа і початком проведення уприсічку до нього штреку - неповне погашення штреку у раніш відпрацьованому стовпі, внаслідок чого збільшується тиск консолі порід покрівлі на крайову частину масиву - розташування виробки під ціликом вугілля, залишеним у вищележачому шарі потужного пласту	6 6 8	
4	У виробках, що проводяться у виробленому просторі: - неправильний вибір місця розташування або часу оформлення виробки позаду очисного вибою - передчасне проведення виробок обваленими породами виробленого простору - розташування виробок у зоні впливу ціликів вугілля, залишених у вище або нижче розташованому пласті	6 8 8	

У таблиці ІНА – індекс небезпеки виникнення аварії.

Викладені міркування можна підтвердити наступним. У 2018 році ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України виконувалися роботи щодо вироблення рекомендацій з керування гірничим тиском при веденні гірничих робіт у ТОВ «УкрКарбо». Згідно проекту відпрацювання пласта K_8^H у резервному полі шахти «Кремінна» передбачалось керування гірничим тиском утриманням порід покрівлі пласту на міжкамерних вугільних ціликах.

Враховуючи, що камерні системи розробки характеризуються великими втратами вугілля у надрах, проектне рішення було змінене, а саме, замість камерної системи розробки було прийнято суцільну з керуванням гірничим тиском плавним опусканням на переносні костри.

Породами нижнього шару покрівлі є аргіліти з границею міцності 3, які за класифікацією ДонВУГІ є малостійкими, здатними створювати відносно стійкі оголення на невеликій площі, що припускають застосування індивідуальних кріплень з перекриттям всього простору, що підтримується, шпальними брусами з встановленням стояків над вибоєм, застосовувати додаткові міри підвищення стійкості (анкери, хімічне зміцнювання порід, випереджальне штангове кріплення) або залишати захисну пачку із вугільного пласта.

Рішення, що пропонується - розділення лави на три зони: верхню, у якій застосовується повне закладення виробленого простору; нижню, у якій покрівля утримується на кострах із шпального бруса; середню, у якій використовується комбінований спосіб. Для порід безпосередньої покрівлі – повне обвалення, а для порід основної покрівлі – утримування на обвалених породах безпосередньої покрівлі.

Покрівля пласта K_8^H за умовами обвалюваності відноситься до висококатегорних за легкістю обвалення. Можна зробити висновок щодо можливості утворення завалів у породах безпосередньої покрівлі, розташованих вздовж пругу вугільного пласту у лаві. При цьому тиск на привибійне кріплення майже у два рази перевищить розрахункове значення, встановлене за методикою ДонВУГІ. Тому привибійне кріплення повинне складатися із здвоєних рядів стояків, встановлених під короткі верхняки, розташовані перпендикулярно лінії очисного вибою.

Аварійна ситуація у лаві може виникнути за умови, коли межа шагу обвалення порід основної покрівлі збігається з завалом безпосередньої покрівлі. Тому необхідно задній ряд привибійної щілини підсилювати переносними кострами і різучим суцільним рядом органного кріплення.

Рекомендований спосіб управління гірничим тиском повним обваленням безпосередньої покрівлі і плавного опускання основної покрівлі забезпечить безпеку за умови, що потужність порід безпосередньої покрівлі буде відповідати розрахунковій. Можливість розходження між розрахунковою і фактичною потужністю порід безпосередньої покрівлі обґрунтовується невідповідністю даних, приведених у геологічному обґрунтуванні і паспорті керування покрівлею (згідно даних геологів у безпосередній покрівлі залягає вапняк L , а за даними розробників паспорта керування покрівлею – аргіліт. Якщо виявиться, що потужність аргіліту менше за 3,5м, імовірність вторинних осідань неминуча. При цьому безпосередня

покрівля, за її потужності більше 1,0м, буде виконувати функцію несправжньої покрівлі.

Керуючись наведеним, можна розрахувати умови виникнення аварійної ситуації, пов'язаної з обваленням гірничих порід, і тим самим зменшити імовірність знаходження людей у виробках, що зазнають впливу вражаючих чинників аварії, і запобігти травмуванню людей.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кошелев К.В., Томасов А.Г. Поддержание, ремонт и восстановление горных выработок. М.: Недра, 1985. 215с.
2. Пасечник И.А., Шек В.М. Анализ методов моделирования процессов обрушения горных пород при подземной добыче полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 6. С. 194-198.
3. Шек В.М., Пасечник И.А. Компьютерное моделирование процессов обрушения горных пород в угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 1. С. 159-164.
4. Чефранов И.В., Чефранов В.В., Бондарев М.П. Исследование устойчивости пород на контуре забоя при проведении выработок буровзрывным способом // Безопасность труда в промышленности. 2001. № 2. С. 36-38.
5. Фролов А.В., Забабурин В.М. Количественная оценка уровня риска производственных процессов в очистных забоях угольных шахт и эффективности профилактических мер // Известия вузов. Северо-кавказский регион. Технические науки. 1995. № 1-2. С. 90-93.
6. Фролов А.В., Чефранов И.В., Чефранов В.В. Методические основы выбора технологии проведения горных выработок по фактору безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2007. № 2. С. 59-62.
7. Фролов А.В., Молев М.Д., Корниченко А.С. [и др.] Методические указания по оценке риска травмирования от обрушения горных пород при проведении выработок буровзрывным способом в условиях угольных шахт Восточного Донбасса. Новочеркасск: УПЦ «Недра», 2003. 23с.

REFERENCES

1. Koshelev K.V. and Tomasov A.G. (1985), *Podderzhaniye, remont i vosstanovleniye gornykh vyrobotok* [Maintenance, repair and renewal of the mine workings], Nedra, Moscow, SU.
2. Pasechnik S.A. and Shek V.M. (2010), "Analysis of methods of design of processes of bringing down of mine breeds at the underground mining", *Mining information-analytical bulletin*, 2010. No. 6. Pp. 194-198.
3. Shek V.V. and Pasechnik I.A. (2010), "Computer design of processes of bringing down of mine breeds in coal mines", *Mining information-analytical bulletin*, 2010. No. 1. Pp. 159-164.
4. Chefranov I.V., Chefranov V.V. and Bondarev M.P. (2001), "Research of stability of breeds on the contour of working face during conducting of making a drilling and blasting method", *Safety of labour in industry*, no. 2, pp. 36-38
5. Frolov A.V. and Zababurin V.M. (1995), "Quantitative estimation level of risk of production processes in breakage face of coal mines and efficiency of prophylactic measures", *News of institutes of higher. North-Caucasian Region. Engineering sciences*, no. 1-2, pp. 90-93..
6. Frolov A.V., Shefranov I.V. and Chefranov V.V. (2007), "Methodical bases of choice of technology of conducting of the mine workings on the factor of safety", *Safety of labour in industry*, no. 2, pp. 59-62.
7. Frolov A.V., Molev M.D., Kornichenko A.S. [and others] (2003), *Metodicheskiye ukazaniya po otsenke riska travmirovaniya ot obrusheniya gornykh porod pri provedenii vyrobotok burovzryvnyim sposobom v usloviyakh ugolnykh shakht Vostochnogo Dondassa* [Methodical pointing as evaluated by the risk of injuring from bringing down of mine breeds during conducting of making a drilling and blasting method in the conditions of coal mines of East Donbass], UPC "Nedra", Novocherkassk, 23p.

Про авторів

Булат Анатолій Федорович, академік Національної академії наук України, доктор технічних наук, професор, директор інституту, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, gtm.bulat@gmail.com

Бунько Тетяна Вікторівна, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, bunko2017@ukr.net

Шейко Анатолій Васильович, магістр, головний технолог у відділі проблем технології підземної розробки вугільних родовищ, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, igtmdp16@gmail.com

Кокоулін Іван Євгенович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник у відділі проблем розробки родовищ на великих глибинах, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, bunko2017@ukr.net

About the authors

Bulat Anatolii Fedorovich, Academician of the National Academy of Science of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Director of the Institute, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences

of Ukraine (IGTM, NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, gtm.bulat@gmail.com

Bunko Tetiana Viktorivna, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Mineral Mining at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, bunko2017@ukr.net

Sheiko Anatolii Vasylovych, Master of Science, Chief Technologist in Department of Underground Coal Mining, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine, (IGTM NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, igtmdp16@gmail.com

Kokoulin Ivan Yevhenovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Mineral Mining at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine, bunko2017@ukr.net

Аннотация. Обрушение горных пород является одной из наиболее распространенных аварийных ситуаций в угольной шахте (второй после газодинамических явлений). Характерным отличием ее является превалирование человеческого фактора в ее возникновении: она в большей мере вызывается неправильными действиями человека, чем горно-геологическими и горнотехническими факторами. Наиболее частыми причинами обрушений горных пород являются нарушение паспортов крепления (62%), несоответствие паспортов крепления горно-геологическим условиям (8%), отсутствие или неисправность крепи. Авария характеризуется значительными рисками травмирования (даже смертельного) работающих и высокой вероятностью приостановки производственного процесса. Основными направлениями технических решений из предупреждения обрушения являются: использование технологии и оборудования с надежным и максимальным по площади перекрытием пород кровли; комплексная механизация очистных работ: анкерное крепление с датчиками деформаций (напряжений) в подготовительных выработках и местах их соединения с очистными забоями. Шахтными наблюдениями установлено, что интенсивность вывалов зависит от расстояния до крепи и времени ее установки (времени запаздывания крепления). Для каждого типа пород это время свое. Установлено, что время запаздывания крепления тем больше, чем меньше расстояние от забоя до первой рамы крепи. Охарактеризованные особенности процессов обрушений и вывалов позволяют решить некоторые задачи оценки рисков обрушения горных пород и их снижения. Риск обрушения зависит в значительной мере не только от горно-геологических условий, но и от качества проведения взрывных работ. Такой же вывод можно сделать при условии использования других способов проведения выработок. Руководствуясь приведенным анализом, можно оценить условия возникновения аварийной ситуации, связанной с обрушением горных пород, и тем самым уменьшить вероятность нахождения людей в выработках, испытывающих влияние поражающих факторов аварии, и предотвратить травмирование людей.

Ключевые слова: риск обрушений, проходческие выработки, травмирование персонала, управление горным давлением, оценка рисков, риск-ориентированная технология проведения выработок.

Abstract. Rock fall is one of the most widespread emergency situations in the coal mine (ranks second following the gas-dynamic phenomena). Specific distinction of its occurrence is predominance of human factor: it is rather caused by wrong actions of man than by mining, geological and technical factors. The most frequent reasons of the rock falls are violation of requirements of passports for supports (62%), non-compliance of passports of supports to the mining and geological conditions (8%), and absence or disrepair of supports. Such accident is characterized by considerable risks of injuring (even fatal cases) of workers and high probability of stoppage of production process. Basic trends of technical decisions made for rock fall prevention are: use of technology and equipment with reliable and maximal-by-area roof rock supporting; and complex mechanization of winning operations: roof bolting with deformation (tensions) sensors in preparatory workings and in locations of their connection with the breakage face. It is set by the mine observations that intensity of the rock falls depends on distance to support and time of its setting (time lag of support setting). For every type of rocks, time lag is specific. It is established that the less is distance from the face to the first arch the more is time lag of support setting. The described features of processes of rock cavity and rock fall allow solving problems related to assessment and reduction of risks of the rock fall. Risk of rock fall essentially depends not only on mining and geological conditions but also on quality of blasting operations. The same conclusion can be made for other methods of the working drivage. Following the results of analysis, it is possible to calculate conditions for occurrence of emergency situation related to the rock fall and to decrease probability of people being left in the accident site of the roadways and suffering from injuring factors and to prevent their traumatism.

Keywords: risk of rock fall, breakage face, injuring of personnel, rock pressure control, estimation of risks, the risk-oriented technology of the working drivage.

Стаття надійшла до редакції 15.08. 2018

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук К.К. Софійським