

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РАМНО-АНКЕРНОГО КРІПЛЕННЯ СУМІСНОГО ОПОРУ

¹Кусень О.Б., ²Назимко В.В., ¹Яйцов О.О.

¹ЗАТ «Донецьксталь»-металургійний завод», ²Інститут фізики гірничих процесів НАН України

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РАМНО-АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ СОВМЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

¹Кусень А.Б., ²Назимко В.В., ¹Яйцов А.А.

¹ЗАО «Донецксталь»-металлургический завод», ²Институт физики горных процессов НАН Украины

PERFECTION OF CONSTRUCTION OF FRAME-ANCHOR FASTENING OF JOINT RESISTANCE

¹Kusen O.B., ²Nazymko V.V., ¹Yaitsov O.O.

¹The Closed Joint-Stock Company «Donetskstal» - Metallurgical Factory», ²Institute of Physics of Mining Processes NAS of Ukraine

Анотація Обґрунтована й розроблена нова конструкція вузлів з'єднання рам з анкерами комбінованого рамно-анкерного кріплення як найбільш перспективного засобу забезпечення стійкості виїмкових виробок глибоких шахт, які відпрацьовують запаси у складних гірничо-геологічних умовах. Доведено важливу роль поздовжнього скручування спецпрофіля рамного кріплення для передчасної втрати стійкості і несучої здатності рами, ймовірність якого збільшується зі збільшенням поперечного перерізу виробки й зростання рівня гірського тиску. Поздовжнє скручування спецпрофіля призводить до прискореного збільшення згинальних моментів, які здійснюють пластичний косий вигин спецпрофіля рамного кріплення. У наслідку пластичного вигину прискорюється процес розгинання профілю, при якому його перетин з коритоподібного перетворюється в плоске. Для попередження такого несприятливого пластичного деформування розроблена нова оригінальна конструкція вузла з'єднання рами з анкерами, який збільшує ефективність комбінованого рамно-анкерного кріплення, це є найбільш перспективним засобом забезпечення стійкості виїмкових виробок у важких гірничо-геологічних умовах розробки родовищ корисних копалин. Конструкція вузла складається з фігурної планки, яка кріпиться до одного фланця коритоподібного спеціального профілю рамного піддатливого кріплення, охоплює цей профіль з боку робочого простору гірничої виробки й має отвір на іншому кінці для вставлення анкера, який встановлюється у шпурі й прикріплюється до його стінок полімерною смолою. Конструкція вузла пройшла успішну промислову перевірку на вугільній шахті ш/у Покровське. У результаті попереджено повздовжнє скручування спецпрофілю кріплення, що дозволило не допустити його пластичне деформування під дією гірського тиску зберегти несучу спроможність рам й забезпечити таким чином стійкість виїмкової гірничої виробки, яка примикає до діючого очисного вибію й підтримується позаду нього у зоні активних зрушень.

Ключові слова: гірничої виробки, рамно-анкерне кріплення, стійкість виробок, спецпрофіль, гірничий тиск, поздовжнє скручування, вузли з'єднання.

Вступ. Наведено результати тестування вдосконаленої конструкції рамно-анкерного кріплення сумісного опору. Вугільна промисловість України є надійною базою енергетичної незалежності держави. Проте глибина розробки українських родовищ неухильно зростає, що підвищує актуальність проблеми забезпечення стійкості підземних виробок. Підвищення ефективності роботи вугільних шахт насамперед може бути досягнуто за рахунок збільшення навантаження на очисні вибої та зниження собівартості видобутого вугілля. При цьому необхідно забезпечити необхідний рівень безпеки гірничих робіт за

рахунок подачі більшої кількості повітря для провітрювання високонавантажених лав. Тому вдосконалення засобів кріплення підземних виробок є важливою задачею. Найбільш перспективною конструкцією, яка застосовується наразі для забезпечення стійкості виїмкових виробок є рамно-анкерне кріплення [1,2]. Виконані дослідження на предмет застосування комплексних заходів щодо забезпечення стійкості повторно використовуваних гірських виробок на глибинах понад 1000 метрів [3,4] дозволили встановити особливості механізму опору комбінованих рамно-анкерних кріплень силам гірського тиску. Показано, що важливу роль у передчасній втраті стійкості і несучої здатності рами виконує поздовжнє скручування спецпрофілю рамного кріплення, ймовірність якого збільшується зі збільшенням поперечного перерізу виробки. Поздовжнє скручування спецпрофілю призводить до прискореного збільшення згинальних моментів, які здійснюють пластичний косий вигин спецпрофіля рамного кріплення. Внаслідок пластичного вигину прискорюється процес розгинання профілю, при якому його перетин з коритоподібного перетворюється на плаский. Установка анкерів окремо від рамних кріплень лише збільшує середню міцність порід покрівлі виробки і не змінює механізм її деформування і руйнування [5-8]. Однак приєднання анкерів до рамних податливих кріплень додатково дозволяє зменшити плече діючих згинаючих моментів у рамі і саму величину моментів на 30%, а також забезпечити цілісність контакту анкера з оточуючою породою, що зберігає його несучу здатність при інтенсивних зсувах порід покрівлі (500мм і більше) і зменшує величину зсувів в 2,33 рази. Зі сказаного випливає особлива роль поздовжнього скручування профілю рамного кріплення, оскільки процес втрати її стійкості починається саме з моменту поздовжнього скручування. Це дає можливість обґрунтувати ідею нової конструкції вузла з'єднання рами з анкерами. Конструкція повинна забезпечити зменшення поздовжнього скручування, або повністю виключити цей негативний ефект. Для цього необхідно виконати конструкцію вузла таким чином, щоб при виникненні деформуючих моментів у вигляді повздовжнього скручування у профілі автоматично створювалися протимоменти, які б нейтралізували небезпечні негативні силові фактори.

Конструкція вузла з'єднання рами з анкерами за допомогою фігурної планки приведена на (рис. 1). Фігурна планка може бути встановлена як на одиночному сегменті рами, так і на з'єднанні суміжних сегментів рамного кріплення аналогічно тому, як вказується у роботі [5]. На рис. 1 пояснюється конструкція вузла з'єднання, яка побудована на основі профілю аркового кріплення. Вузол з'єднання складається з рами 1, на яку вдягнуто фігурну планку 2, фігурна планка має Г-подібну форму з гаком-зачепом 3 на одному кінці і отвором під анкер 4 на іншому. Гак-зачіп 3 виконано так, щоб він без утруднень одягався на фланець 5 тильної сторони профілю СВП, а сторона з отвором під анкер фігурної планки щільно прилягає до полиці 6 профілю таким чином, щоб фігурна планка щільно обіймала профіль.

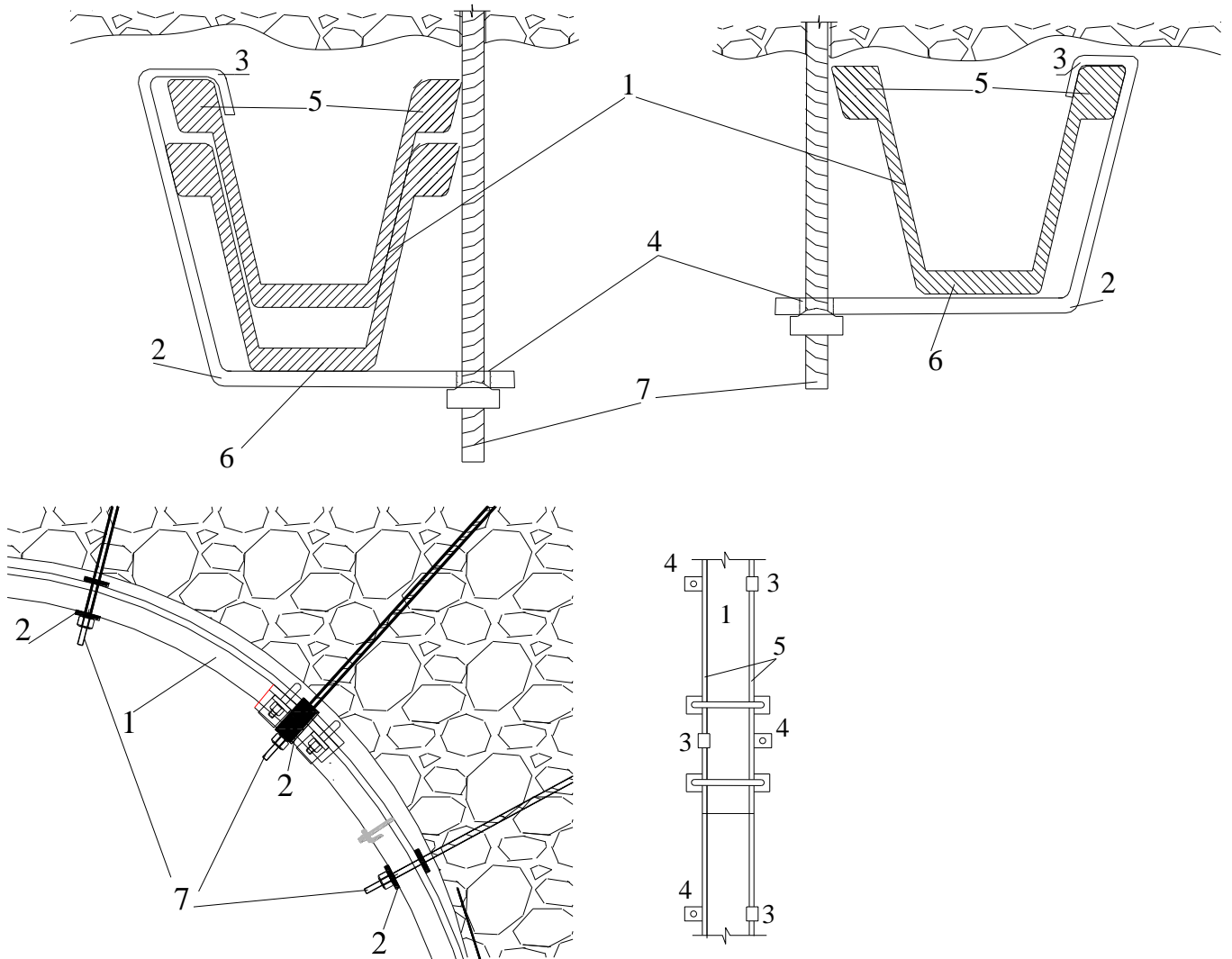


Рисунок 1 - Конструкція вузла з'єднання рами з анкерами за допомогою фігурної планки

Для спільної роботи фігурної планки і профілю у породі буриться шпур під анкер 7 поруч якомога ближче до профілю СВП, потім навпаки шпур зачіпається фігурна планка, так щоб центр отвору в планці і центр шпуру знаходилися на одній осі, що полегшить постановку анкера. Після установки анкера в шпур через планку на анкер накручується гайка яка щільно підтискається до фігурної планки і притискає планку до полиці профілю. Шпури слід забурювати по обидва боки профілю СВП, розставляючи їх у шаховому порядку щодо поздовжньої осі профілю, це під час експлуатації виробки забезпечить максимальний ефект стійкості при поздовжньому скручуванні.

Після зведення рами бурять шпури під отвори у планці, потім одягають фігурну планку і встановлюють у спеціальний отвір у планці сталеполімерний анкер. При цьому технологія установки анкерів застосовується стандартна. Шайби на такі анкери не потрібні: роль шайб виконують фігурні планки.

У зв'язку з тим, що в даній роботі доведена негативна роль поздовжнього скручування профілю, нова конструкція повинна передбачити нейтралізацію

цього небажаного ефекту. З метою запобігання можливості поздовжнього скручування спецпрофілю рамних кріплень фігурні планки встановлюють у шаховому порядку, як показано на фрагменті рис. 1. При цьому протидіючі моменти генеруються тільки у випадку, коли виникають активні моменти поздовжнього скручування.

Опис роботи вузлів з'єднання. Вузол з'єднання рамного кріплення з анкерами працює наступним чином. В процесі активного впливу гірського тиску відбувається деформація порід навколо підготовчої виробки і починаються їх зміщення до порожнини виробки. Однак цим зсувам активно протидіють анкери, підперті рамами. Рама має опорну площу, яка на порядки перевищує площу шайби. Тому породи не мають можливості обігравати анкер і розуцільнюватись на ділянці хвостовика анкера. Саме ця область є найбільш критичною з точки зору збереження площі перерізу виробки. Таким чином, анкери пручаються силам гірського тиску при активній підтримці рамних кріплень.

Важливою перевагою конструкції є те, що фігурна планка, встановлена у місці з'єднання суміжних сегментів рамного кріплення, не заважає здійсненню взаємного проковзування сегментів кріплення у вузлах податливості. Це забезпечує працездатність конструкції і має вирішальне значення для ефективності кріплення виробки в цілому.

У свою чергу можливість рам скручуватися практично відсутня завдяки підстраховуючим моментам, які виникають у вузлах з'єднання завдяки шаховому розташуванню фігурних планок. Крім того, згинальні моменти у рамних кріпленнях зменшуються на третину завдяки тому, що тепер плече моментів обмежене кроком встановлення анкерів. У більшості випадків анкери встановлюють на відстані 0,8-1,0 м, що у кілька разів менше за середню величину плеча згинальних моментів, які виникають у профілі вільної рами.

Встановлення анкерів після складання рамного кріплення гарантує її працездатність на відміну від конструкцій, які передбачали збірку рами після установки анкерів. Зазначені особливості конструкції вузла з'єднання анкерів з рамою кріплення реалізують наукові результати досліджень. Розроблена конструкція дає можливість зберегти стійкість рамного кріплення і збільшити його несучу здатність, завдяки чому зменшуються зміщення покрівлі підготовчої виробки.

Перевірка ефективності модифікованого рамно-анкерного кріплення. Промислова перевірка ефективності модифікованого рамно-анкерного кріплення, що має вузли з'єднання анкерів з рамами податливого кріплення, здійснювалася у першому північному конвеєрному штреку блоку 10 «ШУ «Покровське». Виробку пройдено 3 роки тому по пласту d_4 на глибині 768м перетином у світлі 15м^2 (рис. 2А).

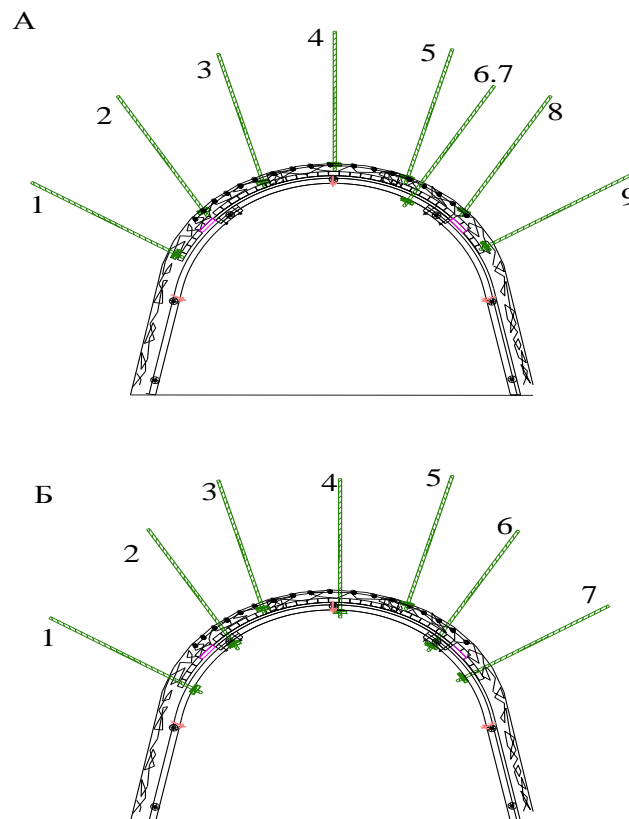


Рисунок 2 – Типовий перетин виробки з паспорту кріплення першого північного конвеєрного штрека: (А)- стандартний; (Б)- модифікований з використанням вузлів з'єднання анкерів з рамою податливого кріплення

Кріплення рамне трьохланкове з спецпрофілю СВП-33, встановлене через крок кріплення 0,67м. Затягування залізобетонне. Згідно з паспортом, в одному ряду (точніше, у проміжку між сусідніми рамами) встановлювалося 9 анкерів. Сім анкерів встановлювали між рамами з метою посилення порід покрівлі виробки (рис. 2А). Та два анкери (номера 6 і 7) встановлювали під кінець арочного верхняка з боку лави для підхоплення верхняка у момент проходження лави і забезпечення можливості зняття ніжки з боку чинного очисного вибою. Така схема кріплення зарекомендувала себе успішно на шахті "Красноармійська-Західна №1" при відпрацюванні лав і підтримці виїмкових виробок позаду лави для забезпечення прямоточного провітрювання, що дає можливість знизити обмеження навантаження на очисний вибій за газовим фактором.

У результаті модифікації конструкції вузла з'єднання вдалося отримати універсальний вузол з'єднання анкера з рамою податливого кріплення, який дав можливість не тільки позбутися підхватних анкерів, але і з'єднати п'ять анкерів по периметру покрівельної частини арки без збільшення витрати металу. На рис. 2Б показано модифікований паспорт кріплення виробки з використанням вузла з'єднання анкерів з рамою. При цьому анкери 1,2,4,6 і 7 пов'язані з рамою, а анкери 3 і 5 встановлюються між рамами для посилення порід покрівлі у верхній частині виробки.

На експериментальній ділянці число анкерів зменшено на два, і тепер у кожному ряді їх сім замість дев'яти на решті протяжності виробки. Довжина експериментальної ділянки становить 23м. Вузлами зв'язку анкерів з рамами забезпечено 34 комплекти кріплень, що гарантує об'єктивність результатів дослідницької перевірки, оскільки протяжність експериментальної ділянки більш ніж в п'ять разів перевищує ширину виробки. Це означає, що результати випробування на такий протяжності еквівалентні результатам випробувань на будь-якій великій довжині виробки за рівних гірничо-геологічних умов.

Конвеєрний штрек 1-ої північної лави підтримували позаду лави для забезпечення прямої схеми провітрювання [10,11]. Це дозволило випробувати нову конструкцію у типових складних гірничотехнічних умовах, коли виробка потрапляє до зони динамічного опорного тиску, а потім до зони активних зрушень. Виробку позаду лави охороняли литий смугою з БІ-кріплення [12,13].

Обстеження експериментальної ділянки показало, що вузли зв'язку анкерів з рамами повсюдно працюють задовільно. Типовий стан зв'язків анкерів з рамою нової конструкції наведено на знімках рис. 3.



Рисунок 3 – Знімки нової конструкції вузлів з'єднання

Обстеження показало, що анкери працюють з повним навантаженням незалежно від того, чи була нагвинчена гайка на хвостовик анкера чи ні.

За такої умови вузол залишається як би на місці, точніше в просторі він може переміщатися тільки за хвостовиком анкера, який зміщується при руйнуванні синхронно з породами. Зміщуються щодо вузла тільки сегменти кріплення. За рахунок того, що в процесі піддатливості рамного кріплення в зоні активних зрушень внаслідок взаємного проковзування сегментів кріплення замок податливості не може зміщуватися щодо точки закріплення анкера.

В цілому слід зазначити, що кріплення на експериментальній ділянці зберігає цілісність, замки податливості працюють у штатному режимі, а спецпрофіль рамних кріплень зберігає вихідну форму. Цього не можна сказати щодо контрольної ділянки. Близько половини рам на контрольній ділянці втратили свою стійкість через поздовжнє скручування спецпрофілю і його поперечний пластичний вигин.

У таблиці 1 наведено результати статистичної обробки даних вимірювань.

Таблиця 1 - Результати статистичної обробки даних вимірювань зрушень порід на контурі експериментальної виробки

Ділянка	Зближення боків, мм	Зближення підшви та покрівлі, мм	Стандартне відхилення, мм
Контрольна(ПК139)	650±130	760±130	130
Експериментальна (ПК143)	383±55	710±55	55
Різниця, разів	1,7	1,1	

Як бачимо, зближення бічних стінок виробки на контрольній ділянці склали не більше 383 ± 55 мм, тоді як на експериментальній - 650 ± 130 мм.

Це означає, що деформація перерізу виробки у горизонтальному напрямку на експериментальній ділянці зменшилася більш ніж в 1,7 рази у порівнянні з контрольною ділянкою. Порівняння величин зближення покрівлі і ґрунту не так наочно, проте, не дивлячись на це, різниця величин зсувів також на користь експериментальної ділянки, де вона в 1,1 рази менше, ніж на контрольній.

Висновки.

Обґрунтовано та розроблено вдосконалену конструкцію рамно-анкерного кріплення спільного опору, у якій поліпшено вузол з'єднання податливого рамного кріплення з анкерами. Нова конструкція забезпечує працездатність комбінованого рамно-анкерного кріплення і підвищує його стійкість, а також несучу здатність.

Нова конструкція комбінованого рамного і анкерного кріплення пройшла успішну промислову перевірку в умовах конвеєрного штреку 1 північної лави бл.10 «ШУ«Покровське». При цьому на експериментальній і контрольній ділянках виконано інструментальні спостереження за проявами гірського тиску, що дозволило дати кількісну і якісну оцінки отриманих результатів. Встановлено такі переваги нової конструкції комбінованого рамно-анкерного кріплення.

Прикріплення анкера до рами податливого кріплення у шаховому порядку згідно нової конструкції має важливу позитивну роль, яка полягає у створенні протимоментів, запобігаючим скручуючим моментам, які перешкоджають

поздовжньому скручування профілю у зонах активних зрушень породного масиву. Як показали випробування, цей ефект виявився дуже цінним для збереження цілісності і працездатності кріплення.

Крім того, виникає синергетичний геомеханічний ефект посилення несучої здатності системи «рамно-анкерне кріплення - вміщуючі породи» за рахунок узгодженої дії анкерів на розтягнення і рам на стискання, що у підсумку підвищує стійкість порід, що вміщають, і в першу чергу покрівлі. Саме тому зміщення покрівлі і зближення бічних порід на контурі виробки зменшуються більш ніж удвічі.

При використанні традиційного комбінованого рамно-анкерного кріплення площа перетину конвеєрного штреку після проходу лави з 15 м^2 зменшується до 8 м^2 . При зв'язуванні п'яти анкерів у кожному ряді з рамою металевого аркового податливого кріплення зближення порід зменшуються у 1,7 рази, а площа зберігаемого перетину збільшується на $0,805 \text{ м}^2$, тобто становить не менше $8,8 \text{ м}^2$. В умовах обмеження навантаження на лаву за газовим чинником це дає можливість подати на $65 \text{ м}^3/\text{хв}$ більше повітря в лаву і отримати додатковий видобуток.

Загальний економічний ефект від використання нових вузлів з'єднання анкерів з рамним кріпленням становить 1,6-1,8 млн. грн. за однією лавою на рік, і складається з економії матеріалів за рахунок усунення підхватних анкерів і виконання функції підхоплення рами у момент проходу вікна лави робочими анкерами, пов'язаними з рамами; підвищення стійкості виробки позаду лави завдяки збереженню перетину кріплення, що дозволяє отримати додатковий видобуток за рахунок подачі додаткової кількості повітря виробкою; за рахунок запобігання рам від скручування в зоні активних зрушень позаду діючої лави.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт. Днепропетровск, 2002. 372 с.
2. Kang H. Support technologies for deep and complex roadways in underground coal mines: a review // International Journal of Coal Sciences Technology. 2014. No. 1(3). Pp. 261–277.
3. Назимко І.В., Кусень А.Б., Цікра А.А. Комплексне застосування заходів щодо забезпечення стійкості повторно використовуваних гірських виробок на глибинах понад 1000 метрів. // Соціально-економічні та екологічні проблеми гірничої промисловості, будівництва і енергетики Збірник наукових праць 9-ї міжнародної конференції з проблем гірничої промисловості, будівництва і енергетики 29-31 жовтня 2013 р. Том 1. С.101-107.
4. Zakharova L. Generating of dissipative structures during ground irreversible movement // Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, 2016.No. 8(6), pp.76-81.
5. Айхофф Ю. Техника и технология анкерного крепления в системе штрековой крепи // Глюкауф, 2008. №2/3. С.28-35.
6. Zakharova L.M. Close interaction of rock fragments in underground roadway during irreversible movement of surrounding rock mass / Metallurgical and Mining Industry. 2017. No. 6. Pp. 40 - 43.
7. Brady T., Martin L. Empirical mine design for western underground mines // Proc. 31st Int. Conf. Ground control in mining.- Morgantown, WVU, 2012.-Pp.300-307.
8. Zhang, W., Zhang, D.S., Wu, L.X., & Wang, H.Z.. On-site radon detection of mining-induced fractures from overlying strata to the surface: A case study of the Baoshan coal mine in China // Energies. 2014. No. 7. Pp. 8483–8507.
9. Назимко В.В., Ильяшов М.А., Яйцов А.А., Демченко А.И. Совершенствование комбинированной рамно-анкерной крепи подготавливаемых выработок//Разработка рудных месторождений. Труды КГТУ.Кривой Рог: КГТУ, 2007. Вып. 91, С. 76-79.
10. Халимендииков Е.Н., Янжула А.С., Демченко А.И., Яйцов А.А., Головин М.В. Выбор и обоснование способа охраны и поддержания основных наклонных выработок в сложных горно-геологических условиях глубокой шахты // Проблемы гірського тиску. Збірник наукових праць ДонНТУ. Донецьк: ДонНТУ, 2007. Вип. 15. С. 122-145.
11. Griniov V., Zakharova L., Diedich I., Nazymko V. Distant interaction of rock mass clusters around underground opening // Min. miner. depos. 2017. No. 11(2). Pp.79-83.

12. Байсаров Л.В., Болбат В.А., Ильяшов М.А., Яйцов А.А. Оптимизация составов для изготовления околоштрековых полос // Известия Донецкого горного института.-2002.-№1. С. 16-18.
13. Ma R., Li G., Zhang N. Analysis on mechanism and key factors of surrounding rock instability in deeply inclined roadway affected by argillation and water seepage // International Journal of Mining Science and Technology. 2015. No. 25(3). Pp. 465-471.

REFERENCES

1. Bulat A.F., Vinogradov V.V. (2002), *Oporno-ankernoye krepneniye gornyykh vyrabotok ugolnykh shakht* [Supporting-anchor fastening of the mine workings of coal mines], Dnepropetrovsk, UA.
2. Kang H. (2014), "Support technologies for deep and complex roadways in underground coal mines: a review", *International Journal of Coal Sciences Technology*, No. 1(3). Pp. 261–277.
3. Nazymko I.V., Kusen A.B. and Tsykra A.A. (2013), "Complex application of measures on providing of firmness repeatedly used mine workings on depths over 1000 meters. *Socio-Economic and Ecological problems of Mining Industry, Buildings and Power Engineering. Collection of scientific labours of IX-th International Conference from the Problems of Mining Industry, Buildings and Power Engineering. October, 29-31, Vol. 1. Pp. 101-107.*
4. Zakharova L. (2016), "Generating of dissipative structures during ground irreversible movement", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk*, no. 8(6), pp.76-81.
5. Aikhoff Yu. (2008), "Technique and technology of the anchor fastening in the system a drift fasten", *Gluckouf*, No. 2/3, pp. 28-35.
6. Zakharova L.M. (2017), "Close interaction of rock fragments in underground roadway during irreversible movement of surrounding rock mass", *Metallurgical and Mining Industry*. no. 6. pp. 40 - 43.
7. Brady T. and Martin L. (2012), "Empirical mine design for western underground mines ", *Proc. 31st Int. Conf. Ground control in mining*. Morgantown, WVU, pp.300-307.
8. Zhang, W., Zhang, D.S., Wu, L.X. and Wang, H.Z. (2014), "On-site radon detection of mining-induced fractures from overlying strata to the surface: A case study of the Baoshan coal mine in China", *Energies*, no. 7, pp. 8483–8507.
9. Nazimko V.V., Ilyashov M.A., Yaitsov A.A. and Demchenko A.I. (2007), Fasten perfection of combined frame-anchor preparatory making. *Exploitation of ore deposits. Labours of KGTU*. Vyp. 91, pp. 76-79.
10. Khalimendikov Ye.N., Yanzhula A.S., Demchenko A.I., Yaitsov A.A. and Golovin M.V. (2007), "Choice and ground of method of guard and maintenance of the basic sloping workings in the difficult mine-geological terms of deep mine", *Problems of mine pressure, Donetsk*, vyp. 15, pp. 122-145.
11. Griniov V., Zakharova L., Diedich I. and Nazymko V. (2017), "Distant interaction of rock mass clusters around underground opening ", *Min. miner. depos.*, no. 11(2), pp.79-83.
12. Baysarov L.V., Bolbat V.A., Ilyashov V.A. and Yaitsov A.A. (2002), "Optimization of compositions for making of near-drift bars. *News of Donetsk Mine Institute*, no.1, pp. 16-18.
13. Ma R., Li G. and Zhang N. (2015), "Analysis on mechanism and key factors of surrounding rock instability in deeply inclined roadway affected by argillation and water seepage], *International Journal of Mining Science and Technology*. No. 25(3). Pp. 465-471.

Про авторів

Назимко Віктор Вікторович, доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту фізики гірничих процесів НАН України, Дніпро, Україна, victor.nazimko@gmail.com

Яйцов Олександр Олексійович, магістр, директор департаменту, Закрите акціонерне товариство «Донецьксталь металургійний завод», Покровськ, Україна, yaitsov.oleksandr@dst.dn.ua

Кусень Олексій Богданович, магістр, Закрите акціонерне товариство «Донецьксталь металургійний завод», Покровськ, Україна, kusenab@gmail.com

About the authors

Nazymko Victor Victorovich, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Chief Researcher of Institute of Physics of Mine Processes NAS of Ukraine, Dnipro, Ukraine, victor.nazimko@gmail.com

Yaitsov Oleksandr Oleksiiovych, Master of Science, Director of the Department, Closed Joint-Stock Company "Donetsktal Metallurgical Plant", Pokrovsk, Ukraine, yaitsov.oleksandr@dst.dn.ua

Kusen Oleksii Bohdanovych, Master of Science, Closed Joint Stock Company "Donetsktal Metallurgical Plant", Pokrovsk, Ukraine, kusenab@gmail.com

Аннотация Обоснована и разработана новая конструкция узлов соединения рам с анкерами комбинированного рамно-анкерного крепления как наиболее перспективного средства обеспечения устойчивости выемочных выработок глубоких шахт, обрабатывающих запасы в сложных горно-геологических условиях. Доказано важную роль продольного скручивания спецпрофиля рамного крепления для преждевременной потери устойчивости и несущей способности рамы, вероятность которого увеличивается с увеличением поперечного сечения выработки и ростом силы горного давления. Продольное скручивание спецпрофиля приводит к ускоренному увеличению изгибающих моментов, которые осуществляют пластический кривой изгиб спецпрофиля рамного крепления. В последствии пластического изгиба ускоряется процесс разгибания профиля, при котором его пересечение с корытообразной превращается в плоское. Для предупреждения такого неблагоприятного пластического деформирования разработана новая оригинальная

конструкция узла соединения рамы с анкерами, который увеличивает эффективность комбинированного рамно-анкерного крепления, это является наиболее перспективным средством обеспечения устойчивости выемочных выработок в тяжелых горно-геологических условиях разработки месторождений полезных ископаемых. Конструкция узла состоит из фигурной планки, которая крюк подобным зацепом крепится к одному фланца корытообразного специального профиля рамного податливого крепления, охватывает этот профиль со стороны рабочего пространства горной выработки и имеет отверстие на другом конце для вставки анкера, который устанавливается в шпуре и прикрепляется к его стенкам полимерной смолой. Конструкция узла прошла успешную промышленную проверку на угольной шахте ш / у Покровское. В результате предотвращено продольное скручивание спецпрофиля крепления, что позволило не допустить его пластические деформирования под действием горного давления сохранить несущую способность рам и обеспечить таким образом устойчивость горной выработки, которая примыкает к действующему очистному забою и поддерживается позади него в зоне активных сдвигов.

Ключевые слова: горная выработка, рамно-анкерная крепь, устойчивость выработок, спецпрофиль, горное давление, продольное скручивание, узлы соединения.

Abstract. New construction of nodes of connection of frames with the anchors of the combined frame-anchor fastening as the most perspective mean of providing of stability of the extracting working of deep mines working off supplies in difficult mine-geological terms is grounded and developed. The important role of longitudinal wring of the specialtype of the frame fastening for the premature loss of stability and bearing strength of frame, probability of which is multiplied with the increase of transversal section of working and growth of force of mine pressure, is proved. The longitudinal wring of the specialtype results in the speed-up increase of bending moments which carry out the plastic slanting bend of the specialtype of the frame fastening. Farther more plastic bend the process of unbending of type at which his crossing with trough-shaped grows into flat is accelerated. For warning of such unfavorable plastic deformation a new original construction of node of connection of frame with anchors, which multiplies efficiency of the combined frame-anchor fastening, is developed. It is the most perspective mean of providing of stability of the extracting workings in the heavy mine-geological terms of development of mineral deposits. Construction of node consists of the figured slat which the hook- similar catch is fastened to one flange of the trough-shaped special type of the frame pliable fastening, engulfs this type from the side of working space of the mine working and has opening on other end for the insertion of anchor which is set in a blast-hole and is registered to his walls by polymeric resin. Construction of node passed successful industrial verification on the coal mine of m/ m Pokrovskoye. The longitudinal wring of the specialtype of fastening is prevented as a result, that allowed to shut out his plastic deformations under action of mine pressure to save bearing strength of frames and provide thus stability of the mine working which joins to operating cleansing face and is supported behind him in the area of active changes.

Keywords: mine working, frame-anchor support, stability of workings, specialtype, mine pressure, longitudinal wring, nodes of connection.

Стаття надійшла до редакції 5.08. 2018

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук С.А. Курносовим