

ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ПОПЕРЕДНЬОГО НАВАНТАЖЕННЯ АНКЕРНИХ ШТАНГ В УМОВАХ УКРАЇНИ

***Анотація.** Розміщення частки промислових і соціальних об'єктів під землею, на тривалий час експлуатації та впливу зовнішніх джерел сейсмічної енергії різного походження стало актуальною проблемою сьогодення.*

Рамно-анкерне кріплення є найбільш розповсюдженою системою кріплення підземних виробок у тому числі і для довготривалої експлуатації підземних споруд промислового призначення. Процедура кріплення починається з кріплення виробки метало полімерними анкерами (АКМ). Далі під захистом анкерного кріплення (АК) відбувається кріплення виробки рамами. Особливостями такої комбінації є те, що анкерне кріплення протидіє будь яким переміщенням гірських порід у виробку. У цей самий час, за незначних переміщень порід у простір виробки, рамне кріплення все ще не почало протидіяти гірському тиску. За значних переміщень для АКМ рамне кріплення вимушене приймати на себе навантаження ваги порід об'єму стиснутої оболонки. Така ситуація не є прийнятною для кріплення виробок з довготривалим терміном експлуатації. Врахування фактору довготривалої експлуатації підземних споруджень призводить до детального аналізу чинників, що можуть мати вплив на неї.

Одним із найважливіших чинників, що має вплив на вантажо спроможність порід у околі виробки є попереднє навантаження (ПН) анкерних штанг АКМ. Аналіз літературних джерел показав відсутність сталої думки на його величину і взагалі навіть на його доцільність. За існуючими нормативними документами в Україні воно прийняте на рівні 5 т. За цими документами ПН повинно здійснюватися за рахунок стиснення порід шляхом закручування гайки на хвостовій ділянці анкерної штанги. Проте на тепер цей метод створення ПН змінився. Враховуючи технологічну складність операції з накатки різьби від неї відмовились. На тепер операція зі створення ПН анкерних штанг здійснюється шляхом закручування литої гайки по періодичним виступам на поверхні анкерної штанги. Як результат нормативне значення ПН не є досяжним. Як показують розрахунки,

максимальне значення ПН не перевищує 2т. Величина ПН не може бути контрольованою, оскільки визначається зупинкою процедури закручування гайки у зв'язку з неможливістю її подальшого виконання. Оскільки посадки у парі гвинт-гайка є широко ходовими тобто вільними і як наслідок, відбувається закручування гайки на періодичних виступах анкерної штанги. Говорити про досягнення проектних значень ПН не варто. Для кріплення промислових об'єктів на тривалий час експлуатації такий стан речей не є допустимим.

Для з'ясування важливості виконання ПН нормативних значень необхідно провести експериментальне дослідження в промислових умовах. Таке дослідження було проведено і його результати представлено в даній статті.

Наведено графічні зображення стану поверхні покритті виробок, що підлягали дослідженню та зроблено висновки.

Ключові слова: металополімерний анкер, попереднє навантаження, стан поверхні виробки.

Вступ. На тепер всім відомо про ефективність застосування кріплення гірничих виробок металополімерними анкерами. У напрямку анкерного кріплення виконана велика кількість досліджень вітчизняними вченими. Їх роботи дозволили на науковій основі підійти до розуміння і розкриття фізичного змісту цього виду кріплення. Широко відомі праці радянських вчених В.Н. Семевського, О.О. Борисова, Н.С. Буличова, Н.Н. Фотієвої, Є.Я. Махно, О.П. Широкова, О.В. Тимофєєва, І.О. Юрченка, Б.К. Чукана, Г.Ф. Горбачова, Н.І. Мельникова та інших.

Найбільшого поширення набуло рамне та анкерне кріплення гірничих виробок. На гірничих підприємствах західного Донбасу доля впровадження анкерів досягає 80 % усіх виробок. Рамне кріплення не завжди в змозі протидіяти прогину порід, пов'язаного зі збільшенням їх об'єму. Причиною є конструктивні особливості рамного кріплення, які полягають у неможливості забезпечити попереднє його розпирання. Зміщення, що є результатом розвантаження порід, не зустрічають перешкод або зустрічають незначну перешкоду, як до осадки, так і у перший час після неї. Породи навантажують кріплення і тим самим зменшують його опір подальшим зміщенням порід, спричинених розвантаженням. Але, маючи великі переваги над рамним кріпленням, анкерне кріплення має особливості, не врахування яких може ускладнити проблему безпеки експлуатації підземних споруд. Справа полягає в

тому, що відмова анкерного кріплення під дією гірського тиску відбувається миттєво. Ця обставина вимагає особливо прискіпливого відношення до розрахунку паспортів кріплення підземних споруд та виконання нормативних документів України. Користування запозиченими методиками розрахунку параметрів анкерного кріплення не в змозі гарантувати стійкість виробкам і безпеку їх експлуатації протягом значних термінів експлуатації. Більшість методик розрахунків[1-7] базується на методах спостережень і емпіричних методах, які відбивають особливості гірничо-геологічних умов, для яких вони розроблялись.

Під стійкістю виробки розуміють здатність її зберігати певні розміри і форму поперечного перетину на протязі терміну її служби. Для забезпечення стійкості виробки необхідно будь-яким чином збільшити вантажо спроможність порід. Найбільш ефективним засобом є збільшення міцності шару порід на згин і розтяг, які виникають у породах покрівлі виробки. Для анкерного кріплення переважає зміцнення порід за рахунок об’ємного навантаження.

Необхідна протидія напруженням розтягу найбільш ефективно може бути здійснена закріпленням у породах сталевих або полімерних стрижнів – анкерів. На відміну від рамного кріплення, анкерне встановлюють, попередньо навантажуючи, тому відразу ж після зведення кріплення підвищується зчеплення вздовж площин напластування порід або їх тріщин.

Система кріплення гірничих виробок металополімерними анкерами найбільш широко використовується на підземних спорудах всіх континентів. Це жорстка і активна система кріплення (рис. 1). Технологія використання повністю закріплених анкерів(ПЗА) з використанням фіксуючих сумішей (ФС) двох термінів твердіння полягає у тому, що вона дозволяє створювати попереднє навантаження, і, тим самим, система кріплення стає активною на відміну від кріплення з однокомпонентними ФС. Механізм створення попереднього навантаження полягає у тому, що у анкерний шпур вводять ампули з фіксуючою двокомпонентною сумішшю двох термінів твердіння. Ближче до забою шпuru розташовують ампулу фіксуючої суміші з коротким терміном затвердіння, а ампули з більш значним терміном затвердіння – ближче до покрівлі виробки.

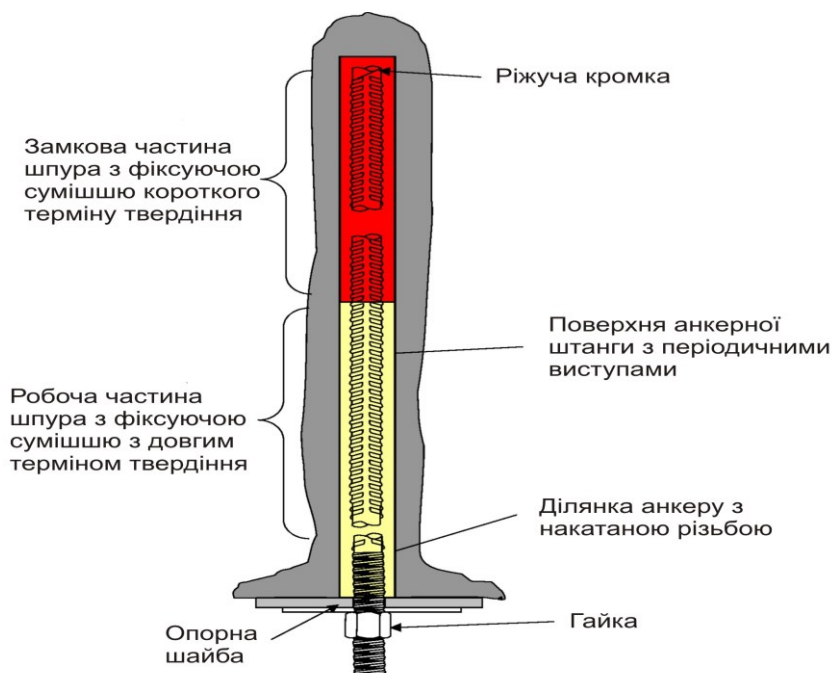


Рисунок 1 - Повністю заповнені анкери з ФС двох термінів твердіння

Зупинка обертання анкерної штанги є сигналом для початку створення попереднього її навантаження, яке здійснюється шляхом обертання гайки у парі гайка-гвинт по різьбовій ділянці хвостовика анкерної штанги. Після досягнення необхідного за величиною попереднього навантаження анкерна штанга здійснює фіксацію стиснених гірських порід відносно стінок шпуру. Гірські породи, що знаходяться в околі анкерного шпуру, опиняються у стислому стані і, більш того, зафіксованими у такому стані.

В Україні було прийнято британську технологію кріплення підземних виробок металополімерними анкерами [1], за якою металополімерні анкери попередньо навантажуються. Величина осьових зусиль, згідно з нормативними документами, прийнятими в Україні, складає 50 кН. Як засвідчує практичний досвід використання попереднього навантаження анкерних штанг в умовах вугільних шахт Великобританії та України, для анкерних штанг номінального діаметра 25 мм і більше такого рівня попереднього навантаження є достатнім. За таких умов досягається високий рівень стійкості підземної виробки і забезпечується високий рівень безпеки виконання виїмкових та очисних робіт.

Світові лідери з анкерного кріплення – Сполучені Штати Америки – використовують два рівня попереднього навантаження анкерних штанг [2,3]. Причому його величина обумовлена, з одного боку, особливістю напружено-деформованого стану гірських надр – перевищенням бічного, тектонічного за природою, гірського тиску над гідростатичним, обумовленим глибиною розташування виробки, а з іншого боку, технологічним чинником, а саме – високою швидкістю виїмкових робіт. Так за значних швидкостей виїмкових та очисних робіт для підвищення стійкості тонкого шару покрівлі виробки у США користуються купольною шайбою, яка являє собою частину сфери – купол. Під час встановлення анкерної штанги у шпур попереднє навантаження створюється за рахунок пружної властивості купольної шайби, попередньо деформованої стискаючими зусиллями стійки (1-4 кН). Однак, досвід світового лідера у використанні попередньо навантажених металополімерних анкерів виявився унікальним і ніяким чином не вплинув на досвід використання металополімерних анкерів на гірничих підприємствах, розташованих на інших континентах. На сьогодні не є визначеною ні величина попереднього навантаження, ні навіть його доцільність [7].

Постановка задачі. Провести перевірку ефективності дії ПН і встановити необхідність його виконання в системі кріплення АКМ гірничих виробок в умовах України.

Основна частина. Для з'ясування ефективності застосування технології анкерного кріплення за методикою прийнятою у США на ДВАТ «Шахта Білоріченська» сумісно з американськими спеціалістами у 2007 році було проведено науковий експеримент з визначення ефективності застосування американської технології анкерного кріплення в умовах вугільних шахт України. У рамках цього експерименту вдалося не тільки визначити ефективність застосування американської технології кріплення і комплектуючих анкерного кріплення в умовах вугільних шахт України, а й дослідити вплив попереднього навантаження на роботу анкерного кріплення в гірничих виробках. За результатами обстеження 1-го "біс" конвеєрного штреку пласту l_6 горизонту 725 м ДВАТ «шахта Білоріченська», на якому здійснювалося кріплення, можна зробити висновки про значний вплив на стійкість покрівлі виробки попереднього навантаження (рис. 2 - 4). Так частина виробки, що

кріпилася з використанням АК за технологією американських фірм, тобто без попереднього навантаження, втратила стійкість вже на етапі її зведення. Стан виробки не дозволяв її експлуатацію і вона підлягала повному перекріпленню. У ході експерименту вдалося встановити вплив двох рівнів попереднього навантаження. Так ділянка виробки була закріплена АКМ, виконаним за українською технологією, тобто анкерами номінального діаметра 25 мм і попереднім навантаженням 5 т (див. рис. 5), а інша ділянка – АК номінального діаметра 22 мм зі слабким попереднім навантаженням (рис. 6). Слабкість і невизначеність величини попереднього навантаження викликана відсутністю різьбової ділянки анкерної штанги. Попереднє навантаження здійснювалось за рахунок руху гайки по зовнішній гвинтовій навивці, кут підйому якої складав майже 9° і не дозволив забезпечити необхідний рівень навантаження. Крім того, проблема попереднього навантаження ускладнювалась наявністю вільного допуску у пари «лита гайка – анкерна штанга».



Рисунок 2 - Стан початкової ділянки виробки, закріпленої за американською технологією з номінальним діаметром анкерної штанги 19 мм



Рисунок 3 - Стан середньої частини ділянки виробки, закріпленої за американською технологією



Рисунок 4 - Стан прикінцевої ділянки виробки, закріпленої за американською технологією

Аналіз результатів обстеження виробки показав:

- на ділянці, закріпленій анкерами та комплектуючими виробництва США (див. рис.2. - 4.), зсув порід покрівлі виробки склав від 500 мм до 1000 мм, що на порядок перевищує припустимі;

- на ділянці, закріпленій анкерними штангами і комплектуючими виробництва США (див. рис. 3-4), зсуви порід покрівлі виробки перебувають у межах від 800 мм до 1000 мм;

- на ділянці, закріпленій анкерами номінального діаметра 25 мм за українською технологією і попереднім навантаженням штанг 5 т (див. рис. 5), зсув порід покрівлі виробки в межах норми;

- на ділянці, закріпленій анкерами номінального діаметра 22 мм за українською технологією і слабким попереднім навантаженням (див. рис. 6), зсуви порід покрівлі виробки перебувають у межах від 100 мм до 500 мм;



Рисунок 5 - Стан середньої частини ділянки виробки, закріпленої за українською технологією анкерними штангами номінального діаметра 25 мм із попереднім натягом 5 т



Рисунок 6 - Стан прикінцевої частини ділянки виробки, закріпленої за українською технологією анкерними штангами номінального діаметра 22 мм за наявності попереднього натягу

Випробування ефективності застосування анкерів номінального діаметра 19 мм по технології США в умовах 1-го «біс» конвеєрного штреку пласту l_6 горизонту 725 м ДВАТ «Шахта Білоріченська» показали, що їх використання не забезпечило монолітність порід покрівлі виробки вже на етапі її зведення. Ведення прохідницьких робіт без проведення повного перекріплення виробки неможливо. Основними причинами такого стану виробки, за визнанням керівника проведення експерименту із визначенням ефективності запропонованої технології, проф. К. Анрага (США), і цю думку розділила більшість присутніх на нараді фахівців, явилися інтенсивні процеси зрушення шарів по чисельним площинам ковзання. На думку фахівців ІГТМ НАН України, такий процес може мати місце лише у випадку недостатньої жорсткості конструкції анкерного кріплення в поперечному напрямку.

Попередній натяг зумовлює появу стискаючих напружень у породному масиві ще до моменту його остаточної фіксації. Наявність зони стискаючих напружень дозволяє залучати до роботи не тільки сам анкер, а і, що важливо, створює умови для сприйняття навантаження самою гірською породою.

Розглянемо більш уважно механізм роботи АКМ з масивом гірських порід.

Порушені гірські породи зміщуються у порожнину виробки, оскільки відсутня опора, яка могла б протидіяти їх тиску. Об'єм порід збільшується,

оскільки вони раніше знаходились у стані пружного стиснення, і відбувається часткове розкриття тріщини. Тому у таких випадках говорять про зсув при розвантаженні. Оскільки порушені породи не приймають опорного тиску, він зміщується у глибину масиву, де породи знаходяться у стані трьохосового стиснення і мають високу вантажоспроможність. За цих обставин величина опорного тиску дещо підвищується у відповідності зі збільшенням відстані між опорами. Процес зсуву порід може продовжуватись досить довго і завершуватись лише тоді, коли порушені породи самі стануть протидіяти подальшому розвитку зсувів.

Основною формою прояву гірського тиску у виробці є зміна її контуру і деформація кріплення. Ці параметри залежать від багатьох чинників, основні з яких є: фізико-механічні властивості порід, тип і конструкція кріплення, глибина розробки, вплив очисних робіт, спосіб охорони виробки, кут падіння шару тощо. Зміщенню порід, які створюють покрівлю гірничої виробки, сприяє і їх власна вага. До проведення виробки шари гірських порід тісно прилягають один до одного і знаходяться у стані природної рівноваги. Кожний з цих шарів витримує вагу розташованих вище шарів.

Після проведення виробки рівновага очисної покрівлі порушується: нижній, а потім і верхні шари починають прогинатися. У цьому русі нижній шар вільно прогинається подібно до прямої балки, затиснутої по кінцях. Такі явища, що виникають у масиві гірських порід після проведення виробки, називають деформаціями. При проведенні виробок у пласті над ним ліквідується опора, що змінює напружений стан у недоторканому масиві. Створення нового стану рівноваги призводить до деформації оточуючих виробку порід і пласта і під виробкою створюються зони понижених напружень (зони розвантаження). В цей час у боках виробки створюються зони підвищених напружень (зони опорного тиску). У цьому випадку породи над виробкою руйнуються і відбувається їх обрушення (рис. 7).



Рисунок 7 - Деформація контуру виробки конвеєрного штреку ш. Лутугінська ДП «Луганськвугілля»

Шари порід, окрім рухів у напрямку виробки, отримують змогу переміщуватись один відносно одного у різних напрямках, про що свідчить форма анкерних штанг, виявлених після обрушення покрівлі виробки. Для усунення явищ зсувів шарів покрівлі у виробку та порушення суцільності порід гірничу виробку закріплюють.

Більшість авторів дійшли згоди, що високі рівні попереднього навантаження непотрібні для підвищення ефективності металополімерних анкерів у режимі підвішування [7,8], але більшість досліджень дають підстави стверджувати про більш широке застосування попереднього навантаження.

Безпека і тривалість надійної експлуатації промислових і соціальних об'єктів під землею істотним чином залежить від поведінки закріплення в часі.

Так, зміни попереднього навантаження у часі були зафіксовані багатьма авторами [8,9]. Графіки, що представлені на рис. 8, показують зменшення навантажень з часом [10].

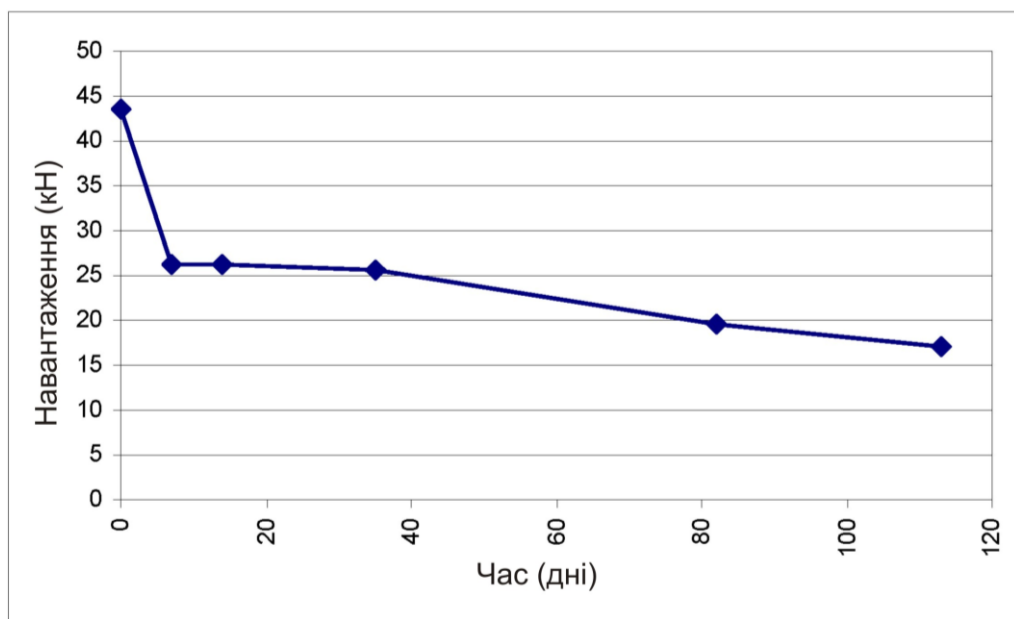


Рисунок 8 - Типова графічна залежність завантаженості анкерних штанг з часом

З наведеної графічної залежності випливає, що низький рівень ПН може бути обумовлений релаксацією первинних зусиль ПН або якщо анкерування відбувалось не в вибою виробки, а пізніше коли основні зміщення вже були реалізовані. Крім того, така поведінка графіка можлива і на малих глибинах розташування виробки.

Викладена інформація стосовно ефективності кріплення гірничих виробок металополімерними анкерами стосується незначних періодів експлуатації та без значних швидких коливань тиску на неї.

Справа з оцінкою ефективності рамно-анкерного кріплення ускладнюється за умов наявності умов довготривалої експлуатації та наявності значних коливань оточуючого середовища. Розглянемо більш уважно процес функціонування в системі «анкерна штанга - ФС – гірська порода» АКМ.

Графічна залежність зміни завантаженості анкерної штанги з часом показує, що вже через 100 днів експлуатації величина завантаженості анкерної штанги зменшується у три рази. Досліджень з приводу довшого терміну експлуатації підземних споруд закріплених АК знайти не вдалось. Для забезпечення надійної стійкості підземних споруд з довгим терміном експлуатації (а саме про такий режим експлуатації і йдеться) користуються рамним кріпленням, надійність якого не викликає сумнівів та перевірена часом.

Більш сучасним засобом кріплення довгострокових підземних споруд яке широко використовується на тепер є комбінований вид кріплення, а саме рамно анкерний. Проте і такий вид кріплення має свої недоліки, а саме:

Першим видом кріплення, як правило є анкерне кріплення. Воно забезпечує кріплення підземної споруди негайно після зведення, і тим самим не дає змоги початковим переміщенням у бік вільної поверхні.

Далі під захистом АК відбувається кріплення виробки рамами. І таке комбіноване кріплення вступає в роботу з протидії гірському тиску.

Проте робота такого виду кріплення не є зовсім сумісною, тобто узгодженого опору зміщенням гірських порід у виробку. Особливостями такої комбінації компонентів кріплення є та обставина, що за своєю природою анкерне кріплення є жорстким видом кріплення. Тобто воно жорстко протидіє будь яким переміщенням гірських порід і переміщення навіть у 50 мм є ознакою того, що анкерне кріплення майже вичерпало свою здатність протидіяти навантаженням на оболонку із стиснутих ними порід. Переміщення поверхні виробки з АК такого порядку демонструє той факт, що оболонка із стиснутих порід відокремилась від основного масиву гірських порід. Такий стан речей породжує ймовірність раптового одночасного вивалу оболонки у простір виробки, і такі випадки мали місце на практиці.

У цей самий час, за переміщень порід у простір виробки, рамне кріплення все ще не почало протидіяти гірському тиску і вимушене приймати на себе навантаження ваги порід у об'єму над покрівлею виробки. Ситуація насправді є аварійною. Одним із факторів який міг би вплинути на пом'якшення ситуації була би змога дозволити протидіяти зміщенням у простір виробки це можливість виконати бодай незначне гальмування процесу переміщення.

Проведений аналіз механізмів взаємодії рамно-анкерного кріплення гірничих виробок з гірським масивом показав його сильні і слабкі місця. Стало зрозуміло, що використання такого виду кріплення в умовах виробок довготривалого терміну дії та ще за дії сейсмічних навантажень потребує дотримання виконання нормативних документів діючих в Україні та подальшого удосконалення.

Основною особливістю такого удосконалення на думку авторів може бути доповнення системи кріплення встановленням тросових анкерів АКТ.

Таке удосконалення може дозволити виконувати керування піддатливості оболонки стиснених порід рамно-анкерного кріплення шляхом регулювання величини попереднього навантаження АКТ.

Слабкість і невизначеність величини попереднього навантаження викликана відсутністю різьбової ділянки анкерної штанги. Попереднє навантаження здійснювалось за рахунок руху гайки по зовнішній гвинтовій навивці, кут підйому якої складав майже 9° і не дозволив забезпечити необхідний рівень навантаження. Крім того, проблема попереднього навантаження ускладнювалась наявністю вільного допуску у пари «лита гайка – анкерна штанга».

Висновки:

1. Проведені експериментальні дослідження впливу ПН для АКМ підтвердили факти забезпечення необхідного рівня стійкості покрівлі виробки за умов використання нормативних значень ПН у порівнянні з його відсутністю або за величин нижчих за нормативні;

2. Конструктивні параметри сучасних анкерних штанг, що використовуються для зведення АКМ гірничих виробок не в змозі забезпечити ПН нормативних значень;

3. Зважаючи на важливість дотримання нормативних значень ПН за зведення АКМ можна стверджувати про неможливість їх застосування для кріплення підземних споруд довготривалого терміну експлуатації;

3. Використання у комплексному рамно-анкерному кріпленні виробок тривалого терміну експлуатації доцільно доповнити встановленням тросових анкерів;

4. Використання ПН для АКТ може дозволити виконувати керування піддатливості оболонки із стиснутих порід, що, в свою чергу, дозволить підвищити ступінь безпеки експлуатації підземних споруд;

ЛІТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Bulat, A.F. and Vinogradov, V.V. (2002). Oporno-ankernoe krepnenie gorniyh vyirabotok ugolnyih shaht [Support and anchoring of coal mine workings]. Dnepropetrovsk: Vilpo [in Ukrainian].
2. Canbulat, I. (2008). Evaluation and design of optimum support systems in South African collieries using the probabilistic design approach, Abstract of of Ph.D. dissertation. University of Pretiria, Pretoria.

3. Canbulat, A., Wilkinson, G. and Prohaska, M. (2005). Minsi and Singh. An investigation into the support systems in South African collieries. Final Report Safety in Mines Research Advisory Committee.
4. O’Conor, D., van Vuuren, J. and Altounyan, P. (2002). Measuring the effect of bolt installation practice on bond strength for resin anchored rockbolts SANIRE 2002 Symposium. Re-Defining the Boundaries, September.
5. Wagner, H. (1985). Design of roof bolting patterns, Chamber of Mines workshop on roof bolting in collieries Republic of South Africa. Johannesburg.
6. Stillborg, B. (2002). Professional Users Handbook for Rock Bolting, Trans Tech Publication, Second Edition.
7. Campoli, A. (2001). Variables affecting polyester resin anchorage performance with United States roof bolting system, AIMS (Aachen International Mining Symposia), 6 and 7 Junlay, 2001, pp. 19-28.
8. Lautsh, T. (2001). Roof bolting in three continents-a comparison, AIMS (Aachen International Mining Symposia), 6 and 7 Junlay, 2001, pp. 59-76.
9. Satola, L. (2007). The axial load- displacement behavior of steel strands in rock reinforcement, Abstract of Ph.D. dissertation. Espoo-Finland.
10. Mark, C. (2000). Design of roof bolt systems, New technology for coal mine roof support. Pittsburgh, PA. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Centres for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS, (NIOSH) Publication №2000, p.156.
11. Krukovskiy O, Bulich Yu & Zemlianaia Yu (2019). Modification of the roof bolt support technology in the conditions of increasing coal mining intensity. E3S Web of Conferences (109), 00042, [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900042>
12. Larionov G.I. (2008). Pro vplyv hlybyny rozrobky ta poperednoho navanta-zhennia na shchilnist roztashuvannia ankeriv [On the influence of development depth and pretention on the density of rebar placement]. Metody rozviazuvannia prykladnykh zadach mekhaniky deformovanoho tverdogo tila: zb. nauk. pr. – Vol. 9. - 115-128 [in Ukrainian].

Received 15.03.2026.

Accepted 16.04.2026.

Published 30.04.2026

UDC 622.8.1/.8:519.65:539.3

Hryhorii Larionov, Yuliia Zemliana, Viktor Hovorostyan, Yurii Bulych

ON THE FEASIBILITY OF PRETENTION REBAR IN UKRAINIAN CONDITIONS.

***Abstract.** Placing a part of industrial and social facilities underground, for a long time of operation and the influence of external sources of seismic energy of various origins has become an urgent problem of today.*

Frame-anchor fastening is the most common fastening system of underground workings, including for long-term operation of underground industrial structures. The fastening procedure begins with fastening the workings with metal-polymer anchors (AKM). Then, under the protection of the anchor fastening (AK), the workings are fastened with frames. The features of such a combination are that the anchor fastening counteracts any movement of rocks in the workings. At the same time, with minor movements of rocks in

the working space, the frame fastening has not yet begun to counteract the rock pressure. With significant movements for the AKM, the frame fastening is forced to take on the load of the weight of the rocks of the volume of the compressed shell. This situation is not acceptable for fastening excavations with a long service life. Taking into account the factor of long-term operation of underground structures leads to a detailed analysis of the factors that may have an impact on it.

One of the most important factors that has an impact on the load-bearing capacity of rocks in the vicinity of the excavation is the preload (PR) of AKM anchor rods. An analysis of literary sources showed the absence of a consistent opinion on its value and even on its feasibility in general. According to existing regulatory documents in Ukraine, it is accepted at the level of 5 tons. According to these documents, PR should be carried out by compressing rocks by tightening a nut on the tail section of the anchor rod. However, this method of creating PR has changed now. Given the technological complexity of the thread rolling operation, it was abandoned. Currently, the operation to create PR of anchor rods is carried out by tightening a cast nut on periodic protrusions on the surface of the anchor rod. As a result, the regulatory value of PR is not achievable. As calculations show, the maximum value of PN does not exceed 2t. The value of PN cannot be controlled, since it is determined by stopping the procedure for tightening the nut due to the impossibility of its further execution. Since the landings in the screw-nut pair are widely movable, that is, free, and as a result, the nut bites on periodic protrusions of the anchor rod. It is not worth talking about achieving the design values of PN. For fastening industrial facilities for a long period of operation, such a state of affairs is not permissible.

To clarify the importance of fulfilling the PN regulatory values, it is necessary to conduct an experimental study in industrial conditions. Such a study was conducted and its results are presented in this article.

Graphic images of the condition of the roof surface of the excavations that were subject to investigation are presented and conclusions are drawn.

Keywords: *metal-polymer anchor, preload, condition of the excavation surface.*

Ларіонов Григорій Іванович - доктор технічних наук, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-4774-0992>.

Земляна Юлія Валеріївна - головний технолог відділу механіки гірничих порід, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-2859-6294>.

Хворостян Віктор Олексійович - мол. науковий співробітник відділу механіки гірничих порід, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна, <https://orcid.org/0009-0001-7250-3470>.

Булч Юрій Юрійович - науковий співробітник відділу механіки гірничих порід, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна, <https://orcid.org/0000-0003-3442-9203>.

Larionov Hryhorii - Doctor of Technical Sciences, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM of the NAS of Ukraine), Dnepr, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0002-4774-0992>.

Zemliana Yuliia Valerievna - chief technologist in Department of Rock Mechanics Department, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM of the NAS of Ukraine), Dnepr, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0002-2859-6294>.

Hvorostyan Viktor - Junior Researcher in Department of Rock Mechanics Department, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM of the NAS of Ukraine), Dnepr, Ukraine. <https://orcid.org/0009-0001-7250-3470>.

Bulych Yurii - Researcher in Department of Rock Mechanics Department, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM of the NAS of Ukraine), Dnepr, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0003-3442-9203>.