

УДК 622.28.044:622.831

Г.І. Ларіонов

## **ВИБІР ПАРАМЕТРІВ КРІПЛЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК АНКЕРАМИ З ПОПЕРЕДНІМ НАВАНТАЖЕННЯМ**

*Аннотация. В работе представлены результаты математического моделирования процессов происходящих в системе «анкерная штанга – фиксирующий состав – горная порода» с учетом глубины расположения выработки и предварительного натяжения анкерных штанг. Приведена формула, связывающая параметры анкерного крепления: глубину расположения горной выработки, подлежащей креплению, величину предварительного натяжения анкерных штанг, длину и диаметр штанг, а также критерий определяющий, зону горных пород с необходимой степенью сжатия и обеспечивающий устойчивость пород в окрестности горной выработки.*

**Вступ.** Для подолання енергетичної залежності України і диверсифікації енергетичних джерел прийнято програму на збільшення темпів видобутку вугілля. В надрах України знаходяться великі запаси якісного вугілля, але здебільшого воно знаходиться на великих глибинах. Видобуток його за традиційною технологією кріплення рамами гірських виробок, виявляється збитковим. Застосування анкерного кріплення на великих глибинах дозволяє підтримувати стійкість гірських виробок і цим забезпечує необхідний рівень безпеки та на порядок покращує економічні показники його видобутку [1]. Головна проблема, яка потребує серйозного дослідження - забезпечення достатнього рівня безпеки видобутку вугілля на великих глибинах.

Досвід використання анкерного кріплення з механічним замком для фіксації анкерної штанги у шпурі показав необхідність вживати для фіксації хімічні фіксуючі суміші. Так для фіксації анкерної штанги у шпурі використовувалися як однокомпонентні, так і двокомпонентні фіксуючі суміші, але з одним терміном затвердіння. Попереднє навантаження у цьому випадку не призводило до фіксації стиснених гірських порід у околі шпура.

---

© Ларіонов Г.І., 2009

Незважаючи на отриману ефективність від застосування анкерного кріплення з механічним та хімічним закріпленням у шпурі, від нього відмовились. Основними причинами, які призвели до такого рішення, став низький опір поперечним рухам порід покрівлі, втрати несучої здатності за слабких порід покрівлі, низька корозійна здатність [2-3] та раптовий характер відмови його під дією гірського тиску, що є неприйнятним з точки зору безпеки проведення гірських робіт.

**Актуальність.** Поява міцних двокомпонентних фіксуєчих сумішей та ефективних технологій для встановлення анкерних штанг у шпур призвели до широкомасштабного застосування метало-полімерних анкерів для кріплення гірських виробок різного призначення.

Попереднє навантаження анкерних штанг обумовило залучення до роботи зафіксованих стиснених порід у їх околі, чим суттєво покращило стійкість гірських виробок і забезпечило високий рівень безпеки та швидкість виїмкових та очисних робіт.

На Україні було прийнято британську технологію кріплення метало-полімерними анкерами [1], за якою у анкерний шпур вводять ампули з фіксуєчою двокомпонентною сумішшю двох термінів затвердіння. Ближче до забою шпура розташовують ампулу фіксуєчої суміші з коротким терміном затвердіння, а потім ампули з більш значним терміном затвердіння.

Обертаючись, анкерна штанга розриває оболонки ампул і створює умови для перемішування фіксуєчої суміші. Досягнувши ампули з найкоротшим терміном затвердіння, розірвавши її оболонку і створивши однорідну суміш анкерна штанга припиняє своє обертання і зупиняється у застиглій суміші. У об'ємі анкерного шпура з сумішшю більш тривалого терміну затвердіння, у цей час, фіксуєча суміш знаходиться у желеподібному стані.

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. Величина осьових зусиль, згідно з нормативними документами прийнятими на Україні, складає 50Кн. Після досягнення необхідного за величиною попереднього навантаження анкерна штанга здійснює фіксацію стиснених гірських порід відносно

стінок шпура. Гірські породи, що знаходяться у околі анкерного шпура опиняються у стислому стані і, більш того, вони опиняються зафіксованими у такому стані. Така технологія встановлення анкерного кріплення, як показує практичний досвід її застосування на вугільних підприємствах України, спроможна забезпечити необхідну стійкість гірських виробок різного призначення.

Досвід використання анкерного кріплення з механічними замками та з хімічною фіксацією засвідчив, що для найпоширеніших гірничо-геологічних умов і схем анкерного кріплення у СРСР [4], найбільш доцільною величиною попереднього натягу було зусилля 5 тон.

Світові лідери з анкерного кріплення - Сполучені Штати Америки використовують два рівня попереднього навантаження анкерних штанг.

За значних швидкостей виїмкових та очисних робіт для підвищення стійкості тонкого шару покрівлі виробки 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 zdeформованої стискаючими зусиллями стійки( 1-2 Кн).

Для кріплення у більш складних гірничо – геологічних умовах величина попереднього навантаження приймається рівною половині від зусиль плинності матеріалу анкерної штанги.

На ДВАТ „Шахта Білоріченська” сумісно з американськими спеціалістами у 2007 році було проведено науковий експеримент з визначення ефективності застосування американської технології в умовах вугільних шахт України.

У рамках цього експерименту вдалося не тільки визначити ефективність застосування американської технології і комплектуючих анкерного кріплення в умовах вугільних шахт України, а й дослідити вплив попереднього навантаження на роботу анкерного кріплення в гірничих виробках. Виявилось, що попереднього навантаження, яке створювалось за рахунок пружності купольної штанги не достатньо для забезпечення стійкості порід покрівлі виробки. Зона стиснених порід у околі купольної шайби незначна і не залучає до протидії гірському тиску породи покрівлі виробки. Стійкість порід покрівлі виробки забезпечило застосування анкерних штанг українського

виробництва з попереднім навантаженням у 5 тон. Таким чином було встановлено - величина попереднього навантаження відіграє важливу роль у забезпеченні стійкості порід покрівлі виробки.

Стосовно довжини метало полімерних анкерів можна стверджувати лише те, що за більшості гірничо – геологічних умов її приймають рівною половині ширини виробки. Тобто довжину анкерних штанг вважають пропорційною геометричним параметрам виробки. До тепер питання про визначення довжини анкерних штанг в залежності від величини попереднього навантаження не розглядалось.

У зв'язку з і збільшенням об'єму видобутку вугілля на глибинах 1000 метрів і більше постає проблема вибору щільності розташування анкерів яка б враховувала вплив глибини розташування виробки на стійкість оточуючих виробку гірських порід підкріплених системами анкерного кріплення з попереднім навантаженням.

**Постановка задачі.** Користуючись методами механіки суцільного середовища встановити зв'язок щільності розташування анкерів з урахуванням глибини розташування виробки, величини попереднього навантаження та конструктивних параметрів анкерних штанг.

**Розв'язок задачі.** Розв'язок задачі здійснювався шляхом послідовного розв'язку двох задач[5-7]. Використовуючи розв'язок узагальненої задачі М.Є. Жуковського здійснювалося вивчення процесів перерозподілу навантажень у системі „анкерна штанга – фіксуєча суміш – гірська порода” та визначався розподіл дотичних напружень на поверхні анкерного шпура. Розв'язок основних рівнянь теорії пружності для анкерного шпура здійснювався у переміщеннях у формі Папковича – Найбера з використанням у якості граничної умови знайдений розподіл дотичних напружень. Розподіл внутрішнього тиску, що діяв на поверхню анкерного шпура і був пропорційний глибині розташування виробки, було взято у якості другої граничної умови. Математичне моделювання процесу взаємодії анкерної штанги з фіксуєчою сумішшю та гірською породою дозволило отримати зв'язок між вказаними вище параметрами. Вдалось визначити їх вплив на щільність розташування метало

полімерних анкерів, для гірських порід які можна вважати однорідними у околі виробки, у вигляді наступної формули:

$$a = k_3 \sqrt[3]{\frac{HPd}{J_{place}L}};$$

де:  $a$  – відстань між анкерами, що забезпечує стійкість оточуючих виробку гірських порід шляхом створення шару попередньо стиснених порід [м];  $k$  – коефіцієнт апроксимації;  $H$  – глибина розташування виробки, що підлягає кріпленню анкерами з попереднім навантаженням[м];  $P$  – величина попереднього навантаження[т];  $d$  – діаметр анкерного шпура[м];  $J_{place}$  – рівень інтенсивності дотичних напружень, що забезпечив гарантований рівень стійкості оточуючих виробку гірських порід [па];  $L$  – довжина робочої частини анкерної штанги[м]. Визначення величини рівня інтенсивності дотичних напружень  $J_{place}$ , що забезпечив необхідний рівень стійкості за таких, або схожих гірничо – геологічних та гірничо – технічних умов пов’язаний з наступним.

Як відомо, для розв’язання інженерної задачі з визначення конструктивних параметрів будь якої конструкції, у тому числі і анкерної, необхідно визначитись з навантаженнями на неї. Багатоваріантність гірничо геологічних та гірничо – технічних умов у зоні проведення гірничої виробки, що підлягає кріпленню, суттєво ускладнюють визначення рівня навантажень. Існує багато гіпотез, які дозволяють спростити ситуацію, прийнявши ту чи іншу гіпотезу, але безперечним залишається той факт, що навантаження необхідно не обчислювати, а вимірювати у місці проведення виробки. Якщо процес вимірювання ускладнений, то можна скористатись минулим досвідом кріплення виробки у схожих гірничо геологічних та гірничо технічних умовах. Величина інтенсивності дотичних напружень

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{6}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}, \quad \text{у даному}$$

випадку є показником енергетичного стану гірських порід у околі анкерного шпура, що виник під дією двох чинників – гірського тиску та попереднього навантаження. Середньо інтегральне значення інтенсивності дотичних напружень належним чином характеризує показник густини енергії стиснення гірських порід в породному об’ємі. Вибравши числове його значення можна визначити радіус породної опори складеної із стиснених порід[7] і навпаки. Так знаючи

щільність розташування анкерів, яка забезпечила стійкість оточуючих виробку порід можна обчислити середнє інтегральне значення інтенсивності дотичних напружень. Так, для умов монтажного ходка західної лави горизонту 670м на ДВАТ „шахта Білоріченська” для анкерної штанги номінального діаметру 25мм і попереднього навантаження  $P=5т$ , величина коефіцієнту апроксимації визначилась як  $k=4,44$ .

**Висновки:**

1. Отримана формула пов’язує вибір конструктивних параметрів анкерного кріплення як з глибиною розташування виробки, так і з величиною попереднього навантаження анкерних штанг;

2. Відстань між анкерами що забезпечує гарантовану стійкість гірським породам, які оточують виробку, знаходиться у прямій залежності від діаметру анкерного шпура, а відповідно і анкерної штанги. Це означає, що використання анкерних штанг більшого діаметру, за сталого значення всіх інших, дозволить збільшити відстань між анкерами;

3. Оборнена залежність відстані між анкерами від довжини анкерних штанг означає, що збільшення їх довжини, за умов збереження сталої відстані між анкерами, необхідно компенсувати або збільшенням величини попереднього навантаження, або використанням анкерних штанг більшого діаметру;

4. Оборнений характер залежності відстані між анкерами від величини інтенсивності дотичних напружень, що забезпечує гарантовану стійкість гірським породам, які оточують виробку, відповідає основним уявленням геомеханіки і фізичному змісту. Дійсно, чим за меншого значення інтенсивності дотичних напружень оточуючі виробку гірські породи знаходяться у стійкому стані, тим більшою може бути відстань між анкерами.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерне кріплення гірничих виробок вугільних шахт/ Ін-т геотехнічної механіки НАН України. – Дніпропетровськ, 2002. – С. 372.
2. A. Campoli. 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.
3. T. Lautsh. Roof bolting in three continents-a comparison/ AIMS (Aachen International Mining Symposia).6 and 7 Junlay, 2001, pp. 59-76.
4. Горбачев Т.Ф., Штумпф Г.Г., Стрыгин Б.И. Применение анкерной крепи в подготовительных выработках. Новосибирск, Наука, 1972.-296.
5. Ларионов Г.И. О применении решения обобщенной задачи Н.Е. Жуковского к исследованию качества закрепления металлополимерного анкера. Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць/ Ін-т геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України.- Дніпропетровськ, 2007.-вип.68, с.90-98.
6. Ларіонов Г.І. Використання розв'язку узагальненої задачі М.Є Жуковського для визначення напружено – деформованого стану у околі анкерного шпура. Математичні проблеми технічної механіки - 2009/Тези доповідей Міжнародної наукової конференції– 20-23 квітня, Дніпропетровськ-Дніпродзержинськ:2009. – с. 84-86.
7. Ларіонов Г.І. Про вплив глибини розробки та попереднього навантаження на щільність розташування анкерів. Методи розв'язування прикладних задач механіки деформівного твердого тіла Зб. наук. Праць Дніпр. нац. ун-та Вид-тво «Наука і освіта». Дніпропетровськ, 2008.-вип.9, с.115-128.