

Д-р техн. наук В. В.Виноградов,  
канд. техн. наук О. П. Круковський,  
В. О. Хворостян  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ОПОРНО-АНКЕРНЕ КРІПЛЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ВУГІЛЬНИХ ШАХТ УКРАЇНИ**

В статье анализируется опыт применения анкерной крепи горных выработок в горно-геологических условиях угольных шахт Украины. Представлены результаты практического применения.

### **THE ANCHOR BOLTING TECHNOLOGY IN UKRAINE**

In the article experience of applications of roof bolting of mine workings in geological conditions of Ukrainian coal mines is analyzed. Results of a practical intrusion are presented.

ІГТМ НАН України є базовою науковою установою, яка на підставі рішень Президента України, кабінету Міністрів України та за спільним дорученням Президії НАН України та Міністерства вугільної промисловості створила та розвиває науково-технічні засади технології сучасного опорно-анкерного кріплення гірничих виробок, розпочала та продовжує його широкомасштабне впровадження [1].

В кінці 90-х років минулого століття світова гірничо-видобувна промисловість широко застосовувала британську технологію проведення прямокутних виїмкових штреків із анкерним кріпленням. Це дозволило в багатьох країнах суттєво підняти головний показник роботи підприємств – продуктивність праці, на шахтах це - об'єм добового видобутку, віднесений до її чисельності. Завдяки широкому застосуванню британської технології, на шахтах Росії цей показник досяг 5 т, Польщі – 10 т, Великобританії та Китаю – 20 т, США – 100 т, в Україні залишався на рівні 1 т. На шахтах, що застосовували цю технологію, відсутні ремонти виробок, суттєво, у 3 рази та більше, скоротилася чисельність працівників, відсутній травматизм від обвалень гірських порід, піднялася безпека праці.

Британська технологія спорудження виробок прямокутного поперечного перерізу є в даний час однією з найбільш високопродуктивних технологій проведення виробок. Прохідницькі роботи із вийманням порід комбайном вибіркової дії, бурінням шпурів і встановлення анкерних штанг переносними пневматичними буровими колонками в гірничих виробках перетином від 11 до 15 м<sup>2</sup> здійснюється із середніми темпами до одного метра за годину, до 18 м за добу, до 90 м за 5 робочих днів тижня, до 400 м за місяць. При цьому всі роботи з кріплення виробки виконуються без застосування риштування. Середній час буріння шпуру та установки одного анкера до 5 хв. Разом з тим, на виконання всіх операцій циклу кріплення четверо британських прохідників, які забезпечені двома ручними колонками на встановлення 12-14 анкерів, витрачають 30-35 хв. Такі високі темпи є результатом високого рівня організації робіт, серйозного навчання безпосередніх виконавців робіт, високої технологічної проробки процесів про-

ведення і кріплення виробок та високої дисципліни їх виконання. Це дає можливість щорічно підготовлювати двома прямокутними штреками перерізом 3,0м х 4,5м фронт робіт для видобутку 1,0-1,5 млн. т вугілля одним видобувним комплексом, та вести роботи у режимі «шахта-лава». Охорона виробок здійснюється ціликами шириною від 30 м до 60 м в залежності від умов [1].

Фахівцями Інституту за британською технологією були розроблені, випробувані та Мінвуглпромом України з дозволу Держгірпромнагляду в чинному порядку введені у 1998 році в дію нормативні документи КД 12.01.01.501 “Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги” та КД 12.01.01.502 “Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Порядок та організація” [2, 3].

Керівний нормативний документ КД 12.01.01.501 узагальнював світовий досвід із забезпечення надійності та безпечності гірничих виробок із анкерним кріпленням, відповідав вимогам ДНАОП 1.1.30-1.01 Правила безпеки у вугільних шахтах та “Guidance on the use of rock to support roadways in coal mines”, який розроблено консультативним комітетом вугільної промисловості та затверджено Комісією із здоров’я та безпеки Великобританії, і відповідав британському стандарту BS 7861 “Strata reinforcement support system components used in coal mines” .

КД 12.01.01.501 встановлював умови застосування анкерного кріплення гірничих виробок, вимоги до анкерного кріплення в цілому, його елементам і обладнанню, технічним засобам індикації безпечного стану виробок, випробуванням, до порядку, вихідним даним і технології виконання робіт із геотехнічної оцінки умов застосування анкерного кріплення, проектування і спорудження виробок із анкерним кріпленням.

У 1999-2003 роках анкерне кріплення за британською технологією під наглядом фахівців Інституту було за державні кошти масштабно випробуване (більш ніж на вугільних 15 шахтах). У повному обсязі випробування цього виду анкерного кріплення було проведено у 551 збірному штреку ш. «Павлоградська», на дільниці довжиною майже 750 м (рис. 1).

На спорудження виробки були використані витратні матеріали тільки вітчизняних виробників, яким Інститут активно надавав допомоги в освоєнні виробництва.

При спорудженні виробок із анкерним кріпленням на шахтах, відповідно із вимогами КД 12.01.01.501, застосовувалися наступні витратні елементи кріплення:

- анкерні штанги сталеві виготовлені за ТУУ 12.00185790-92-2000 із спеціального арматурного прокату періодичного профілю за ТУ У ДП 14-4-442-99;
- трубчаті анкери із склопластику, виготовлені за ТУ У05411357.004-00;
- полімерні закріплювачі анкерної штанги, виготовлені за ТУУ 12.00185790-091-2000;
- підхоплювачі, виготовлені за ТУУ 12.00185790-070-95;

- металеві сітчасті з'ятяги, виготовлені за ТУУ 12.00185790-070-95;
- анкерні гайки, виготовлені за ТУУ 12.00185790-070-95;
- опорні шайби, виготовлені за ТУУ 12.00185790-070-95;
- індикатори навантаження анкеру контурні (ИНА), виготовлені за ТУ У05411357.003-00;
- індикатори зміщень порід глибинні, виготовлені за ТУ У05411357.002-00.

Для виготовлення шпурів и встановлення в них анкерів застосовувалися бурові колонки с пневматичним приводом фірм BWZ і "ЕХСНЕМ" та гідравлічні анкерні бурові колонки НА 16/500 фірми "SCHMIDT, KRANZ & Co GMBH".

Закріплений сталевий анкер мав несучу здатність понад 200 кН, що для умов Західного Донбасу є високим показником, суттєво більшим ніж у всіх типів раніше випробуваних анкерів. Це підтверджувало, такі анкери є засобами нового технічного рівня.

Закріплений склопластиковий анкер мав несучу здатність понад 60 кН, що є достатнім для блокування віджимання вугільного пласту у боках виробки.



Рис. 2 – Стан 413 бортового штрека у проходці

Елементи анкерного кріплення і технологія його зведення забезпечили формування опорно-анкерного перекриття високої несучої здатності, що дозволило вперше в Україні створити на вікні лави сприятливі умови для ведення видобувних робіт із високим навантаженням на лаву. Штрек підтримувався в експлуатаційному стані на протязі більше 2,5 років без жодного виду ремонту. При підході лави він не відчував наявності передньої хвилі опорного тиску, переріз виробки на вікні лави зберігав первинні габаритні розміри, повністю було відсутнє підняття підосви виробки.

Вперше в умовах шахт України втрати перетину виробки на сполученні лави зі штреком не перевищили 1-2 % від його проектного розміру, при цьому

зміщення порід покрівлі складала 20-40 мм, боків - 10-20 мм, здимання порід підосви було відсутнє, що відповідає сучасним уявленням про ідеальний експлуатаційний стан штреку.

Одночасно паралельний 551 бортовий штрек зі звичайним рамним кріпленням зазнавав усіх характерних для шахт України негаразд, понаднормативна втрата перерізу виробки попереду (за 10-15 м) лави, підняття підосви виробки на 200-600 мм та інше. Стан 551 бортового штреку цієї лави, закріплений традиційним арковим кріпленням, незадовільний - до пуску лави зроблено підривання ґрунту до 600 мм практично по всій довжині виробки. Втрати площі поперечного перетину виробки на сполученні лави із цим штреком перевищили 50 %, зміщення порід покрівлі складала 500-600 мм, боків - 300-500 мм, здимання - до 1000 мм.

Результати приймальних випробувань показали, що анкерне кріплення високої несучої здатності є перспективним видом кріплення виїмкових виробок. Характерним є те, що в усіх виробках, на яких проводилися випробування, істотно підвищилася безпека робіт - за час їх проведення та кріплення не було жодного випадку аварій і травматизму. Це доводить, що, крім технічних і економічних переваг, нова технологія кріплення гірничих виробок створює умови для безпечного ведення у них гірничих робіт, вона є наймогутнішим засобом блокування негативних проявів гірського тиску та, як наслідок, засобом усунення виробничого травматизму в гірничих виробках від обвалення порід покрівлі, у тому числі на сполученнях штреків з очисним вибоєм – одним з основних джерел травматизму.

Отримані результати були позитивними, новими та значимими для України і при цьому – типовими для закордонних шахт, що застосовували та застосовують британську технологію проведення прямокутних штреків із анкерним кріпленням.

У 2004 році нормативний документ КД 12.01.01.501 був скоригований та доповнений низкою положень та вимог, він розширив галузь застосування анкерного кріплення на виробки аркового поперечного перерізу. У 2004-2005 роках у рамках державних випробувань на шахті «Красноармейская-Западная №1» за скоригованими підходами було споруджено декілька виробок із анкерним самостійним та комбінованим рамним кріпленням за новими схемами, які успішно витримали випробування виїмковими роботами.

У 2007 році на підставі накопиченого досвіду при супроводженні технології фахівцями Інституту нормативний документ був значно доповнений та в чинному порядку затверджений Мінвуглепромом України, з дозволу Держгірпромнагляду введені у 2008 році в дію – як «пробний», а з 2009 року – як галузевий стандарт СОУ 10.1.05411357.010 “Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги“ [4].

Впродовж 2005 – 2010 років впровадження наукових розробок, одержаних в рамках державного бюджету НАН України зі створення наукових основ технології опорно-анкерного кріплення гірничих виробок, здійснювалося на понад 40

вугільних шахтах України виробничих об'єднань «Павлоградвугілля», «Краснодонвугілля», «Краснолиманське», «Луганськвугілля», «Першотравенсьвугілля», «Селідоввугілля», «Ровенькиантрацит».

За роки впровадження анкерного кріплення на вугільних шахтах створена система підготовки спеціалістів шахт, розроблені та затверджені Мінвуглепром України методики, програми і курси лекцій для виробничого персоналу шахт із застосування анкерного кріплення.

ІГТМ НАН України розроблені типові тематичні плани технічної підготовки для наступних категорій виробничників:

– директор, головний інженер, заступник директора (головного інженеру) із виробництва, головний маркшейдер, головний технолог, головний геолог, головний механік, начальник дільниці, державний інспектор, технічний інспектор, голова профспілки;

– гірничі майстри, бригадири, фахівці прохідницьких бригад та інші виконавці робіт пов'язаних із анкерним кріпленням (зберігання, постачання та інше).

Розроблене методичне забезпечення та наочні посібники для лекційної підготовки із теоретичних основ анкерного кріплення, вимоги до елементів та обладнання для кріплення, вимоги до технології кріплення із розкладкою її на операції, приклади типових помилок та фотографії виробок із анкерним кріпленням, застосованим у різноманітних умовах шахт України, наданих на 40 листах формату А0.

У 2002 році видано посібник «Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт» (автори А. Ф. Булат, В. В. Виноградов) із основних питань технології та практики застосування кріплення [1]. В двох виробничих об'єднаннях «Павлоградвугілля» та «Краснодонвугілля» учбово-курсними комбінатами постійно здійснюється підготовка фахівців молодшого нагляду та прохідників за розробленими програмами та посібниками. Здійснюється постійне поповнення наочних посібників новими матеріалами.

Впровадження технології анкерного кріплення відбувалось за господарчими договорами із надання науково-технічної допомоги при освоєнні технології опорно-анкерного кріплення на шахті, в рамках яких виконувалися наступні роботи:

– підготовка персоналу і нормативно-методичне забезпечення шахти із питань опорно-анкерного кріплення;

– надання науково-технічної допомоги при освоєнні технології:

1) розробка рекомендацій із параметрів та схем анкерного кріплення;

2) розробка рекомендацій із технології ведення гірничих робіт у виробках із анкерним кріпленням;

3) контроль відповідності вимогам чинним нормативним документам;

– надання практичної допомоги із освоєння технології кріплення:

1) тестові випробування;

2) практична підготовка фахівців виконавців робіт та персоналу нагляду;

3) виявлення прихованих помилок, що впливають на надійність виробки та безпеку робіт при її проведенні та експлуатації;

4) розробка рекомендацій із удосконалення технології із врахуванням специфіки шахти.

Інститут має багатий досвід із вивчення особливостей руйнування гірських порід [5], у тому числі при навантаженнях поза межею міцності, що дало можливість узагальнити практичні спостереження за роботою анкерного кріплення та виконати оригінальні теоретичні роботи із моделювання розвитку геомеханічних процесів у околі виробок із анкерним кріпленням. За допомогою механіко-математичних моделей, що були верифіковані результатами шахтних вимірів та обстежень, виявлені сильні та слабкі сторони британської технології при її застосуванні на шахтах України.

По перше, системно розміщені в покрівлі виробки анкери формують достатньо потужну плиту перекриття, котра однак не може «висіти» чи опиратися на породи її боків та підшви не визначеної міцності та потребує наявності певного виду опор та основи для них.

По друге, неможливо без спеціального захисту спорудити довгу (від 600 м до 3000 м) споруду, як наземну, так і підземну. За технологією ІГТМ НАН України захист таких конструкцій здійснюється спеціального виду запобіжними перемичками [4].

Отримано теоретичне підтвердження неможливості утримання із таким видом кріпленням виїмкових штреків для їх повторного використання, небезпечності спорудження виробок у притул («присічку») до виробленого простору. Таке анкерне кріплення виявилось занадто чутливим до первинного поля напружень, до якості та темпів робіт (перевищення проектної ширини та висоти виробки у проходці через низькі темпи не забезпечено вихід вибою із зони непружних деформацій та інш.), до наявності вугільних пластів, шарів пісковиків та інших ускладнень в покрівлі, чи підшві виробки. Пов'язано це з тим, що прості схеми розміщення анкерів не здатні протидіяти розвантаженню порід поза заанкереною зоною, в поперечному та повздовжньому напрямках, а це, у свою чергу, провокує виникнення та активний розвиток руйнування порід у довгих виробках, та на ускладненнях розміщених далеко від контуру виробки.

При ширині охоронних ціликів від 40 м до 20 м проведення та експлуатація виробки із анкерним кріпленням суттєво ускладнюється, із охоронними ціликами шириною від 20 м до 8 м виробки стають аварійно небезпечними. Застосування такого анкерного кріплення із шириною охоронних ціликів меншою 8 м міжнародними угодами заборонено. Не застосовується таке анкерне кріплення у виробках із терміном експлуатації понад 4 роки.

Таким чином, на шахтах України, що характеризуються значно складнішими умовами, наявністю широкого спектру негативно впливових чинників Законодавчого (заборонено залишати в надрах підготовлені запаси), гірничо-геологічного, гірничотехнічного та технологічного плану, – масштабно застосувати Британську технологію на шахтах України майже неможливо.

Для вирішення головної проблеми, суттєвого підняття стійкості виробок шляхом застосування потужних анкерів поступово, за результатами теоретичних досліджень, обробки та аналізу фактичних даних щодо працездатності анкерного кріплення на шахтах України, здійснено перехід від британської технології підсилення порід покрівлі до спорудження конструкцій анкерного кріплення виробок, від простих систем кріплення до складних, до технології «силового опорно-анкерного кріплення».

За цією технологією на теперішній час успішно проведено та відпрацьовано низку виїмкових виробок, у тому числі:

– 413 бортовий штрек шахти «Павлоградська» (рис. 2-4). Штрек проведено у «присічку» до виробленого простору, розмір охоронного цілика 2,5-3,0 м. Анкерними конструкціями кріплення тут створені сприятливі (тобто такі, що не потребують виконання будь-яких додаткових робіт для зменшення негативного впливу передньої хвилі опорного тиску) умови для ведення гірничих робіт на вікні лави. Середньодобове навантаження на 413 лаву, що комплексом КД-90 відпрацьовувала вугільний пласт потужністю до 1 м становило 1300 т.



Рис. 2 – Стан 413 бортового штреку у проходці



Рис. 3 – Стан 413 бортового штреку на вікні лави



Рис. 4 – Стан покрівлі у 413 бортового штреку в 30 м за лінією очисного вибою



– 534 збірний штрек шахти «Тернівська». Анкерними конструкціями кріплення тут створені дуже сприятливі умови для ведення гірничих робіт, не потребують виконання будь-яких додаткових робіт для зменшення негативного впливу опорного тиску попереду лави та на її вікні. Стан виробки поза лавою дозволяє його повторне використання без виконання ремонтних робіт. Середньодобове навантаження на 534 лаву, що відпрацьовувала вугільний пласт потужністю до 1 м становило від 2000 т до 2500 т. При цьому 536 збірний штрек із анкерним кріпленням попередньої 536 лави (рис. 5) після виконання незначних ремонтних робіт використовується у якості бортового 534 лави.

– 3-й північний конвеєрний штрек пл.  $m_4$  ВАТ «Краснолиманське», проведено із самостійним анкерним кріпленням довжиною біля 3000 м. На цей штрек у даний час комплексом ДМ відпрацьовується 3-я північна лава, середньодобове навантаження до 1200-1500 т. Анкерними конструкціями кріплення тут створені сприятливі умови для ведення гірничих робіт на вікні лави.

Впровадження нової технології кріплення зводить до мінімуму витрати на виконання кінцевих операцій, що дає можливість практично безперервно вести виїмку вугілля очисним комбайном і надає нормальні умови для транспортування матеріалів і вугілля.



Рис. 5 – Стан 536 збірного штреку на вікні лави

Таким чином, Україна за 14 років, починаючи з 1996 року, пройшла шлях від *опробування британської технології анкерного кріплення* до розробки за-

сад, нормативного забезпечення та масштабного впровадження *силового опорно-анкерного кріплення виробок у широкому спектрі гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов.*

Відповідні конструкції анкерного кріплення тепер можуть застосовуватися і застосовуються у штреках аркового циркульного, аркового шатрового, шатрового із склепінним чи плоским перекриттям, прямокутного перерізу для підготовки і відпрацювання виїмкових стовбурів, як із їх погашенням, так із повторним використанням після проходження лави, як самостійно, так і комбіновано із рамним, у виробках, проведених у зоні впливу виробленого простору, у тому числі на відстані 2,5-3 м від нього, із терміном експлуатації від 2 до 20 років.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Булат А. Ф. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт / А. Ф. Булат, В. В. Виноградов. – Ин-т геотехн. механики НАН Украины. – Днепропетровск, 2002. – 372 с.
2. КД 12.01.01.501-98 Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги. – Введ. 1999-04-16. – К. : Міністерство вугільної промислової України, 1999. – 81 с.
3. КД 12.01.01.502-98 Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Порядок та організація. – Введ. 1999-08-21. – К. : Міністерство вугільної промислової України, 1999. – 30 с.
4. СОУ 10.1.05411357.010:2008 Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги. Введ. 2008-01-12. – К. : Мінвуглепром України, 2008. – 83 с.
5. Виноградов В. В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок / В. В. Виноградов. – К. : Наук. думка, 1985. – 192 с.

**УДК 622.012:620.9**

Канд. техн. наук. И. Ф. Чемерис,  
аспирант И. Ю. Комлева,  
(ИГТМ НАН Украины)

#### **РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ГИДРОПАРОВОЙ ТУРБИНЫ**

Показана перспективність використання гідропарових турбін (ГПТ) для утилізації низькопотенційного тепла шахтних енергетичних об'єктів. Встановлено, що ГПТ з прямолінійним каналом і додатковою криволінійною ділянкою забезпечує, за інших рівних умов, підвищення силових і енергетичних показників майже в два рази. Проведений аналіз зміни енергетичних параметрів ГПТ при різних температурах води на вході в канал турбіни.

#### **OPERATING CHARACTERISTICS OF IMPROVED STEAM-WATER TURBINE**

Perspectives of steam-water turbine implementation for low-potential heat utilization from mining energy plants are shown. It is determined that steam-water turbine with straight-line channel and additional curved portion while other conditions being equal provides the increase of force and energy characteristics almost twice. The steam-water turbine energy parameters changing at different water temperatures before entering turbine channel is analyzed.

Реактивная гидропаровая турбина является перспективным узлом, позволяющим преобразовывать тепловую энергию горячей воды с температурой 90-180 °С шахтных энергетических объектов в механическую и, в частности, элект-