


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

КОЛДУНОВ Ігор Олександрович



УДК 622.016.222:622.838

ГЕОМЕХАНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ СПОЛУЧЕНЬ
ВЕРТИКАЛЬНИХ СТВОЛІВ НА ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТАХ

Спеціальність 05.15.09 – “Геотехнічна і гірнича механіка”

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українському державному науково-дослідному і проектно-конструкторському інституті гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи (УкрНДМІ) Національної академії наук України (м. Донецьк).

Науковий керівник: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Дрібан Віктор Олександрович,
завідувач відділу гірського тиску Українського державно-науково-дослідного і проектно-конструкторського інституту гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи (УкрНДМІ) Національної академії наук України (м. Донецьк).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Дружко Євген Борисович,
професор кафедри основ, фундаментів та підземних споруд Донбаської національної академії будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Макіївка);

кандидат технічних наук, доцент
Гапєєв Сергій Миколайович,
доцент кафедри будівництва і геомеханіки Державного вищого навчального закладу "Національний гірничий університет" Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Дніпропетровськ).

Захист відбудеться "11" березня 2011 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 у Державному вищому навчальному закладі "Національний гірничий університет" Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (49600, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу "Національний гірничий університет" Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Автореферат розісланий "09" лютого 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 08.080.04



О. В. Солодянкін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сполучення стволів з приствольними виробками є найвідповідальнішими ділянками шахтних стволів, від стану яких залежить безперебійна робота вугільних підприємств.

Будь-які пошкодження кріплення або армування сполучень стволів пов'язані з великими матеріальними витратами і людським травматизмом.

Збільшення глибини розробки та істотне ускладнення умов охорони і підтримання глибоких горизонтів показали, що низка питань, які стосуються забезпечення стійкості сполучень стволів, вирішені не повною мірою. Традиційні способи їх охорони і підтримання в багатьох випадках є неефективними, особливо на ділянках нестійких вміщуючих порід. Це підтверджують результати систематичних обстежень стану глибоких вертикальних стволів у Донбасі, останнє з яких виявило, що більш ніж половина з них мали пошкодження кріплення й армування різного ступеня тяжкості, причому 80 % пошкоджень відбувалося на ділянках сполучень. Таким чином, для забезпечення експлуатаційної цілісності глибоких стволів, в першу чергу, потрібно вирішення питання стійкості їх сполучень.

Зі збільшенням глибини якісно змінилися умови охорони стволів і їх сполучень, характер взаємодії кріплення з бічними породами, які у багатьох випадках переходять в граничний стан. Змінилися параметри взаємовпливу приствольних виробок (включаючи ствол) на глибоких горизонтах при їх проходженні та перекріплюванні.

Для вирішення зазначених питань потрібно проведення додаткових досліджень.

Тому встановлення закономірностей деформування масиву гірських порід на глибоких горизонтах і розроблення на цій основі пропозицій по способам забезпечення стійкості сполучень стволів є актуальним науково-технічним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні результати дисертаційної роботи одержано в процесі виконання НДР УкрНДМІ, проведених в рамках галузевих робіт на замовлення Мінвуглепрому України і Національної академії наук України (номери державної реєстрації (ДР): 02560060101, 0239008200, 0295152000, 0219816040М–Ц13, 6/03 ДР 0102U007320, 14/08 ДР 0107U010339 та ін.), в яких автор брав участь як виконавець.

Метою досліджень є визначення залежності стану сполучень стволів від факторів, що впливають, закономірностей деформування масиву гірських порід і розробка на цій основі пропозицій щодо способів забезпечення стійкості сполучень глибоких горизонтів.

Ідея роботи полягає у використанні закономірностей формування напружено-деформованого стану породного масиву і розвитку геомеханічних процесів у районах сполучень стволів для забезпечення їх стійкості.

Для досягнення поставленої мети були поставлені та вирішені такі **основні задачі досліджень**:

- виявити основні причини пошкоджень кріплення й армування сполучень

стволів на глибоких горизонтах;

- встановити залежності стану сполучень стволів від гірничо-геологічних, геомеханічних і гірничотехнічних факторів;
- встановити закономірності деформування приствольного масиву і кріплення виробок в районах сполучень;
- розробити пропозиції щодо способів забезпечення стійкості сполучень стволів глибоких горизонтів.

Об'єктом досліджень є деформування і стійкість породного масиву і кріплення в районах сполучень вертикальних стволів на глибоких горизонтах.

Предметом досліджень є фактори, які впливають на стійкість сполучень стволів на глибоких горизонтах, та параметри деформування породного масиву.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи були застосовані комплексні дослідження, які включали: обстеження стану сполучень стволів глибоких горизонтів; аналіз і узагальнення результатів досліджень методом математичної статистики; проведення інструментальних досліджень на спостережних станціях, закладених в районах сполучень стволів.

Основні наукові положення, що захищаються у дисертації:

- стан сполучень глибоких вертикальних стволів визначається експоненціально-показниковою залежністю від таких комплексних факторів: геомеханічного показника; ступеня впливу очисних виробок; ступеня порізаності масиву і структурного показника складу вміщуючих порід, урахування котрих дозволяє визначати оптимальні параметри охорони і підтримання сполучень;
- при проведенні виробок в районах сполучень глибоких горизонтів в умовах нестійких порід утворюються динамічні зони впливу розміром по вертикалі до 40 м, котрі в 1,5...2 рази більше за стаціонарні, деформування масиву в яких носить нерівномірний, знакозмінний характер і продовжується протягом 2..3 місяців після закінчення робіт; ці дані дозволяють визначати оптимальні просторово-часові параметри проведення виробок і зведення кріплення.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше встановлені залежності стану сполучень стволів від комплексу факторів, які впливають, котрі враховують гірничо-геологічні, геомеханічні, гірничотехнічні умови охорони і підтримання.

2. Вперше встановлені особливості і закономірності деформування масиву гірських порід в районах сполучень стволів на глибоких горизонтах за складних геомеханічних умов, а саме:

- розміри динамічних зон впливу, що утворюються при проведенні і перекріплюванні приствольних виробок в районах сполучень стволів глибоких горизонтів в умовах нестійких порід;
- час післядії проведення збійки виробки, що сполучається, із стволом;
- характер і величина зміщень кріплення сполучень в часі і просторі.

Наукове значення роботи полягає у визначенні залежності стану сполучень стволів глибоких горизонтів від факторів, які впливають, і встановленні закономір-

ностей і параметрів деформування вміщуючого гірського масиву порід.

Практичне значення роботи полягає в наступному:

1. Розроблені пропозиції щодо способів забезпечення стійкості сполучень стволів глибоких горизонтів, як на рівні проектування, так і експлуатації, виходячи з оцінки їх стану, що дозволяють раціонально вибрати місце розташування сполучення і способи його охорони і підтримання.

2. Розроблені організаційно-технічні заходи щодо забезпечення стійкості сполучень, які визначають раціональне розташування, порядок в часі і просторі проведення і кріплення виробок в районах сполучень стволів.

Обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків і рекомендацій роботи підтверджується: використанням фундаментальних положень щодо формування напружено-деформованого стану (НДС) масиву гірських порід; коректним застосуванням методів математичної статистики; представницьким обсягом експериментальних даних, що включають результати обстеження понад 500 зон сполучень стволів; високими кореляційними зв'язками в одержаних залежностях оцінки стану сполучень від факторів, які впливають (кореляційне відношення 0,6...0,9); значним обсягом інструментальних вимірювань на 12 спостережних станціях; хорошою збіжністю прогнозних і фактичних величин.

Реалізація результатів роботи. Результати досліджень використані в таких нормативних і нормативно-методичних документах.

1. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания: КД 12.01.01.201 – 98 – Утв. Минуглепромом Украины 25.06.98 – Д., : УкрНИМИ, 1998. – 149 с.

2. Правила ликвидации стволів угольних шахт: КД 12.12.005-2001 – Утв. Минуглепромом Украины 01.03.2001 – Д., : УкрНИМИ : Донгипрошахт, 2001. – 122 с.

3. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001-2003. – [Затв. Мінпаливенерго України 28.11.2003]. – К. : 2004. – 128 с.

За безпосередньою участю автора розроблено понад 50 висновків і рекомендацій, які регламентують питання охорони і підтримання стволів і їх сполучень в конкретних геомеханічних умовах. Економічний ефект від впровадження результатів роботи становить близько 500 тис. грн. для одного сполучення ствола.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні ідеї, мети, задач досліджень, наукових положень і висновків дисертації; одержанні статистичних залежностей стану сполучень від факторів, які впливають, і закономірностей деформування породного масиву в цьому районі. Експериментальні дослідження, включаючи закладення спостережних станцій, проведення інструментальних вимірювань і обстежень сполучень шахтних стволів, аналіз і узагальнення одержаних результатів проводилися за безпосередньою участю автора дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення, результати і зміст роботи докладалися: на IV Науково-технічній конференції вузів України

"Маркшейдерське забезпечення гірничих робіт" (Донецьк, ДДТУ, 1996); на міжнародних науково-технічних конференціях: "Форум гірників" (Дніпропетровськ, НГУ, 2007 - 2009); "Гірнична геологія, геомеханіка і маркшейдерія" (Донецьк, УкрНДМІ, 2009); на вченій раді УкрНДМІ НАН України (Донецьк, УкрНДМІ, 2010).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладені в 13 наукових працях, зокрема в 7 статтях, опублікованих у фахових виданнях, і 3 статтях, опублікованих у збірниках конференцій. При виконанні роботи отримано 3 патенти України на корисну модель.

Структура і обсяг. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаних джерел зі 121 найменування на 14 сторінках і 1 додатка на 2 сторінках. Містить 138 сторінок машинописного тексту, 42 рисунки і 13 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 161 сторінку.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета і задача досліджень, наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, наведені дані про структуру роботи, апробацію та рекомендації з використанням розробок.

Перший розділ дисертації присвячений аналізу вивченості питань охорони і підтримання сполучень вертикальних шахтних стволів і досліджень деформування приствольного масиву гірських порід.

Механізми формування НДС масиву навколо виробок, напружень на кріплення і розробка методів оцінки стійкості і забезпечення експлуатаційного стану гірничих виробок і шахтних стволів протягом тривалого терміну є предметом численних дискусій та пошуків.

Досягнутий рівень геомеханічної науки забезпечував рішення практичних завдань, які виникали свого часу.

У цьому заслуга науково-дослідних та навчальних закладів. Особливо слід зазначити роль таких вчених як: Борисовець В. О., Борщевський С. В., Буличов М. С., Гапеев С. М., Дрібан В. О., Дружко Є. Б., Заславський Ю. З., Козел А. М., Кулібаба С. Б., Крупенніков Г. О., Левіт В. В., Ліberman Ю. М., Новікова Л. В., Репко А. О., Роєнко А. М., Руппенейт К. В., Садовенко І. О., Сдвижкова О. О., Філатов М. А., Фісенко Г. Л., Халимендик Ю. М., Шашенко О. М., Южанін І. А. та ін.

Проте зі збільшенням глибини розташування сполучень стволів з виробками якісно змінилися умови їх охорони та підтримання.

Розміри запобіжних ціликів під шахтні стволи у багатьох випадках виявляються недостатніми, щоб виключити вплив очисних робіт на сполучення, особливо при багатократному оконтурюванні ціликів.

Породи, що вміщують сполучення, з невисокими міцнісними властивостями ($R_c = 20 \dots 50$ МПа), переходять в граничний стан, змінюється характер їх взаємодії з кріпленням. Змінилися величини параметрів, які виключають взаємовплив виробок на глибоких горизонтах (як вертикальних, так і горизонтальних) при їх проходженні та перекріплюванні у просторі та часі.

Зазначені особливості охорони і підтримання сполучень на глибоких горизонтах змінили характер впливу деяких факторів на їх стан і потребують коректування й уточнення.

Ці обставини потребують проведення досліджень з урахуванням умов, що змінилися. Це стосується розробки комплексу заходів охорони і підтримання сполучень, який включає: раціональний вибір місця розташування ствола і його сполучень при проектуванні; заходи щодо керування НДС приствольного масиву гірських порід в районі сполучень; раціональний вибір параметрів кріплення і конструктивних заходів захисту сполучень; регламент проведення і перекріплювання приствольних виробок (зокрема ствола і його розсічок під сполучення), що зводить до мінімуму їх взаємовплив.

Виходячи з вищевикладеного, визначено мету і задачі досліджень, і вибрано методи їх рішення.

У другому розділі дисертації розглянуті питання методики виконання досліджень для вирішення перших двох поставлених задач.

Основним методом досліджень було вибрано обстеження стану 156 (понад 500 зон) діючих сполучень глибоких вертикальних шахтних стволів в умовах пологого і похилого залягання пластів.

Обстеження виконувалося в три етапи.

1. Візуальний огляд стану кріплення й армування сполучень з метою визначення характеру (раковини, тріщини, заколи, вивали, викривлення і вигини армування та ін.), інтенсивності і обсягу пошкоджень.

2. Формування бази даних за умовами охорони і підтримання сполучень (з гірничо-геологічної і технічної документації), а саме: склад і фізико-механічні властивості масиву гірських порід; гідрогеологічна обстановка; характеристика геологічних порушень; ступінь і параметри оконтурювання приствольних запобіжних ціликів очисними виробками; параметри і характеристики виробок приствольного двору; конструкція сполучень; вигляд і параметри кріплення і т.д.

3. Обробка, аналіз і узагальнення одержаних результатів.

Результати обстеження послужили початковими даними для виявлення причин пошкоджень кріплення і встановлення кількісних залежностей стану сполучень від факторів, які впливають. При цьому була використана система бальної оцінки стану сполучень, розроблена в УкрНДМІ, від 1 (хороший) до 3 (аварійний) з кроком 0,5 бали.

У розділі також наведені описи порушень кріплення й армування найхарактерніших сполучень стволів глибоких горизонтів. За виконаним якісним аналізом причин їх виникнення були зроблені висновки, що основними причинами пошкоджень кріплення й армування є складні гірничо-геологічні умови розташування сполучень (нестійкі породи), а також вплив очисних і приствольних виробок, що проводяться в цей період в районі запобіжного приствольного цілика.

З проведеного аналізу також було встановлено, що вплив різних факторів на стан сполучення необхідно враховувати не окремо, а комплексно, тобто у взаємозв'язку цих факторів.

У третьому розділі дисертації наведені результати досліджень стану сполучень від гірничо-геологічних, геомеханічних і гірничотехнічних факторів.

Аналіз різних варіантів регресійних співвідношень, що відповідають фізичному значенню задачі, дозволив встановити загальний вид залежності, котра найкращим чином описує взаємозв'язки, яка має вигляд:

$$Y = a_0 (1 + \gamma H / R_{cp})^{a_1} e^{a_2 K_0} e^{a_3 K_B} (1 + K_c)^{a_4}, \quad (1)$$

де Y – результативна ознака (оцінка стану сполучення); a_i – параметри рівняння регресії; $\gamma H / R_{cp}$ – геомеханічний показник напруженого стану масиву гірських порід;

γ – об'ємна вага порід ($0,025 \text{ МН/м}^3$); H – глибина; $R_{cp} = \sum_{i=1}^n R_{C_i} m_i \cdot (\sum_{i=1}^n m_i)^{-1}$ – серед-

ньозважена міцність порід на стиск в зоні сполучення; R_{C_i} – міцність порід на стиск (у масиві) i -го шару в конкретній зоні сполучення; m_i – потужність i -го шару порід;

$K_B = S_B / S_{50}$ – коефіцієнт порізаності масиву виробками приствольного двору; S_B , S_{50} – площа в плані відповідно приствольних виробок і зони навколо ствола в радіусі

50 м; $K_c = \sum_{i=1}^n |R_{C_{i+1}} - R_{C_i}| \cdot (R_{cp})^{-1}$ – структурний показник складу вміщуючих

порід; K_0 – показник впливу очисних виробок, який обчислюється за формулою, розробленою в УкрНДМІ:

$$K_0 = \sum \Pi_{ij} \sum_{k=1}^4 \text{tg}(\chi_k^j - 60^\circ), \quad \chi \geq 60^\circ, \quad (2)$$

де χ_k^j – кут оконтурювання запобіжного цілика з k -ої сторони (k – число сторін оконтурювання) по j му пласту; $\Pi_{ij} = 1 - |H_j - H_i| / 0,3H_j$ – показник впливу j -го пласта на i -й в групі пластів, які взаємовпливають (H_j , H_i – глибини залягання i -го і j -го пластів).

Параметри вперше одержаних рівнянь регресії та їх статистики зв'язку за зонами і типами кріплення наведені в табл. 1. Достовірність їх підтверджується високими кореляційними відносинами ($\eta = 0,6 \dots 0,9$).

Найбільш значимими в одержаних рівняннях регресії (відповідно до частинних коефіцієнтів кореляції) є показники: $\gamma H / R_{cp}$ і K_0 (рис. 1), з яких перший показник характеризує НДС породного масиву; другий показник відображає додаткове підвищення напружень внаслідок впливу очисних виробок, які оконтурюють запобіжні цілики.

Між оцінкою стану і ступенем порізаності масиву гірських порід приствольними виробками K_B встановлений зворотний статистичний зв'язок (див. рис. 1). Таким чином, цей показник (у значеннях до 0,5) в умовах впливу очисних робіт володіє екрануючими властивостями, що знижують цей вплив.

Параметри рівнянь регресії і статистики зв'язку

Зона	Параметри рівнянь регресії					Статистики рівнянь			Частинні коефіцієнти кореляції			
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	η	σ	n	$\gamma H/R_{cp}$	K_o	K_b	K_c
БЕТОННЕ КРІПЛЕННЯ												
I	0,56	2,31	0,51	-1,25	0,07	0,64	0,47	63	0,44	0,40	-0,29	0,03
II	0,67	1,61	0,65	-1,24	0,07	0,61	0,50	60	0,51	0,41	-0,19	0,01
ЗМІШАНЕ БЕТОННЕ КРІПЛЕННЯ(з ділянками інших кріплень)												
I+II	0,56	1,85	0,71	-0,96	0,08	0,73	0,44	171	0,49	0,56	-0,17	0,01
III	0,70	0,71	0,70	-0,34	0,02	0,71	0,34	78	0,18	0,61	-0,06	0,08
БЕТОННЕ КРІПЛЕННЯ ОДНОБІЧНИХ СПОЛУЧЕНЬ												
I+II	0,52	1,30	1,16	-0,85	0,21	0,86	0,32	34	0,59	0,73	-0,35	0,31
I	0,48	1,52	0,96	-0,31	0,20	0,84	0,29	21	0,35	0,65	-0,27	0,2
II	0,49	1,65	0,84	-0,42	0,02	0,89	0,25	30	0,75	0,76	-0,33	0,12
III	0,75	0,74	0,66	-0,39	0,19	0,71	0,34	39	0,35	0,67	-0,14	0,13
ЗАЛІЗОБЕТОННЕ КРІПЛЕННЯ												
I+II	1,27	0,42	0,60	-1,82	0,04	0,91	0,31	68	0,22	0,73	-0,44	0,02
I	1,19	0,56	0,40	-1,63	0,21	0,79	0,43	26	0,14	0,39	-0,38	0,34
II	1,31	0,49	0,50	-1,91	0,09	0,83	0,39	32	0,24	0,53	-0,4	0,01
III	1,28	0,31	0,67	-1,78	0,10	0,81	0,44	42	0,21	0,59	-0,35	0,1
БЕТОНІТОВЕ КРІПЛЕННЯ												
I+II	1,01	1,86	0,11	-2,32	0,35	0,76	0,48	45	0,53	0,08	-0,39	0,5
I	0,93	2,16	0,16	-1,88	0,26	0,81	0,44	22	0,49	0,07	-0,22	0,29
II	1,00	0,56	0,18	-1,96	0,66	0,90	0,32	18	0,34	0,15	-0,51	0,73
III	1,03	2,32	0,50	-0,45	0,14	0,73	0,35	15	0,6	-0,3	-0,13	0,22
ЦЕГЛЯНЕ КРІПЛЕННЯ												
I+II	0,59	1,59	0,69	-0,05	0,04	0,84	0,20	33	0,49	0,44	0,01	0,06
I	0,77	1,05	0,66	-1,06	0,25	0,84	0,31	33	0,09	0,69	-0,19	0,37
II	0,63	0,79	0,77	0,15	0,04	0,71	0,34	33	0,17	0,58	0,09	0,07
III	0,65	1,30	0,55	-0,07	0,02	0,75	0,35	20	0,3	0,5	0,06	0,12

Примітки:

1. η – кореляційне відношення одержаної залежності.
2. σ – середньоквадратичне відхилення.
3. n – число аналізованих випадків.
4. I, II – протяжні зони ствола заввишки 20 м вгору і вниз, прилеглі до вузла сполучення.
5. III – зона ствола між отворами сполучення.

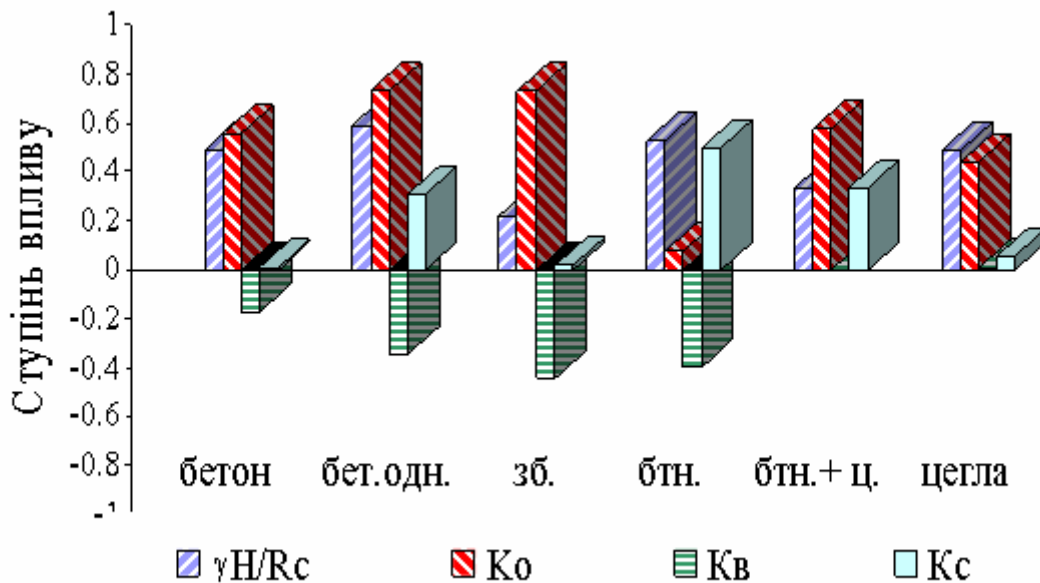


Рис. 1. Ступінь впливу факторів на стан сполучення залежно від виду кріплення: бет.одн. – бетон на односторонньому сполученні; зб. – залізобетон; бтн.+ц. – бетоніт і цегла

Четвертий розділ дисертації присвячений експериментальним дослідженням деформування масиву гірських порід в районах сполучень глибоких горизонтів, виконаних на 12 спостережних станціях. Дослідження включали маркшейдерські інструментальні вимірювання зміщень у просторі і в часі профільних ліній реперів, розташованих у різних зонах сполучень, а також візуальні спостереження за станом кріплення й армування.

Вельми представницькі експериментальні роботи були виконані в районі сполучення з горизонтом 1235 м східного повітроподавального ствола (СППС № 2) ОП "Шахта ім. О. Ф. Засядька", що знаходиться у складних гірничо-геологічних і геомеханічних умовах, які характеризуються великою глибиною, слабкими вміщуючими породами ($R_c = 20 \dots 40$ МПа). Крім того, ствол в районі сполучення пройдений по виробленому простору пласта m_3 на межі з яким велись очисні роботи. Під час виконання досліджень інтенсивно проводились приствольні виробки, здійснювалась їх збійка зі стволом. Неодноразово виконувались ремонтні роботи на різних ділянках сполучення внаслідок пошкоджень кріплення й армування.

Перші пошкодження кріплення в районі сполучення (рис. 2) відбулися під впливом лави, що проводилась, на межі з виробленим простором пласта m_3 (на відстані 350 м від ствола), що виявилось в активізації процесу ущільнення старих очисних робіт.

У подальшому в районі сполучення відзначались пошкодження кріплення й армування, викликані проведенням спочатку вантажної вітки горизонту 1235 м, а потім порожнякової (див. рис. 2). На рис. 3 показаний вплив тих же самих виробок на стан ствола між отворами сполучення.

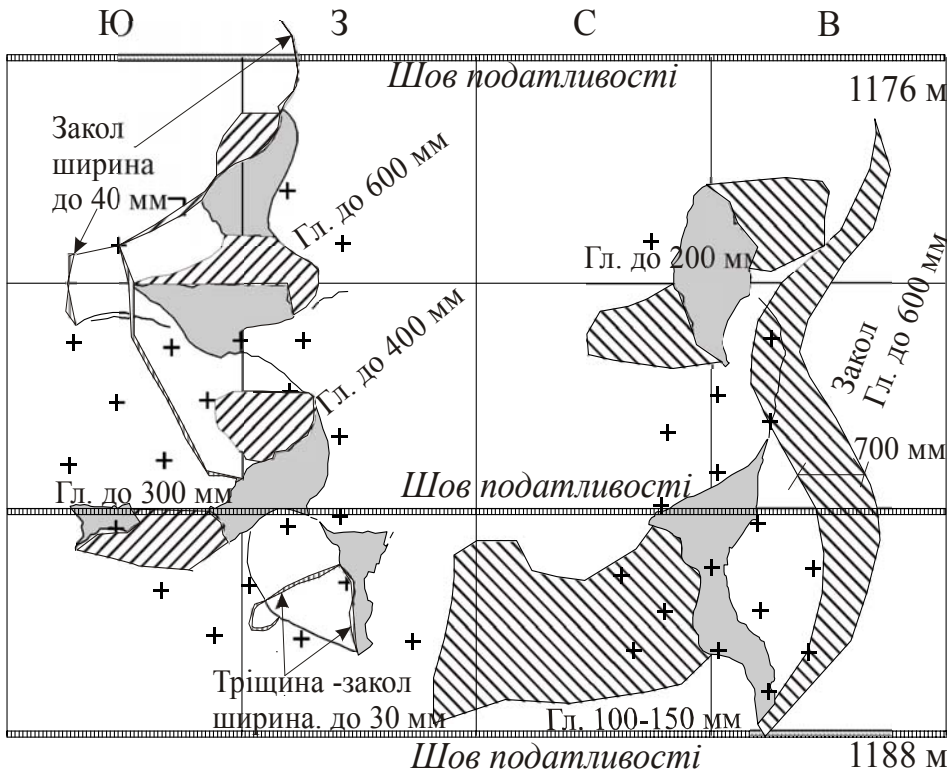


Рис. 2. Розвиток пошкоджень кріплення ствола на ділянці 1175 – 1188 м: ■ – поява пошкоджень кріплення (вплив очисних робіт); ▨ – вплив проведення вантажної вітки; ▩ – вплив проведення порожнякової вітки

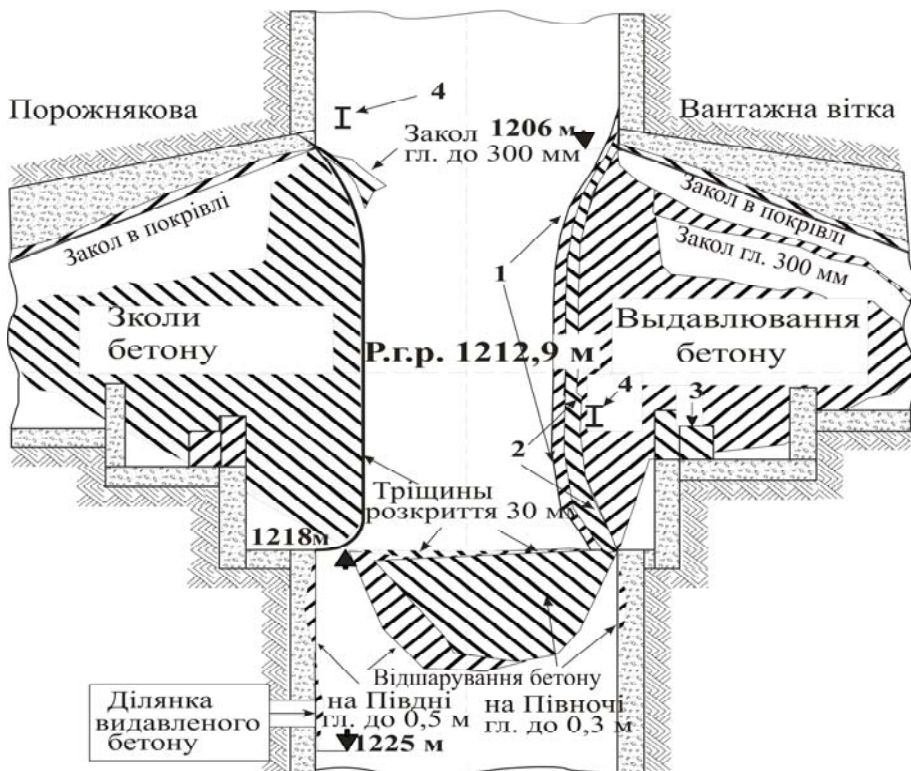


Рис. 3. Розвиток пошкоджень кріплення на вузлі сполучення горизонту 1235 м: 1, 2, 3, 4 – поява пошкоджень кріплення (вплив проведення вантажної вітки); ▩ – вплив збійки вантажної і порожнякової віток; ▨ – післядія збіжок

Результати інструментальних спостережень по профільних лініях реперів в стволі й на горизонтальних ділянках сполучення наведені на рис. 4 – 6, з яких видно таке.

При відстані між виробкою, що проводиться, і стволом більше 20 м, кріплення протяжної частини ствола вище за сполучення випробовувало невелике вертикальне стиснення (рис. 4). Надалі при скороченні відстані процес стиснення змінився на розтягання, яке особливо інтенсивно виявилось на вузлі сполучення.

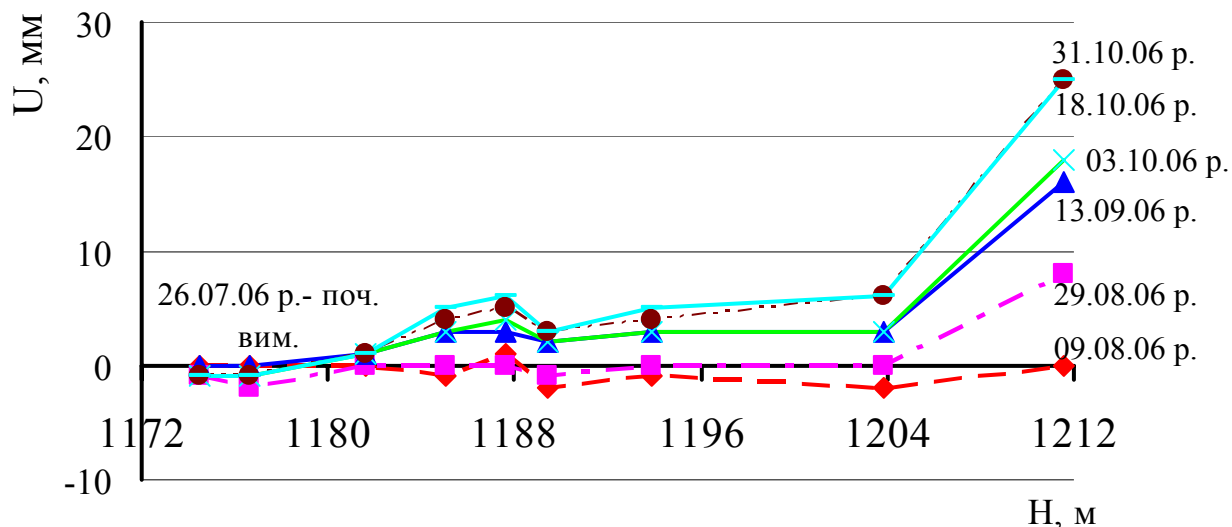


Рис. 4. Абсолютні вертикальні зміщення кріплення ствола (U) відносно глибини ($H=1173$ м)

Під час збійки виробки зі стволом швидкості деформацій розтягання кріплення у вузлі сполучення досягали $0,27 \times 10^{-3}$ на тиждень (рис. 5) і продовжували зростати протягом двох тижнів, склавши $0,30 \times 10^{-3}$ на тиждень. Саме в цей період зафіксовано істотне погіршення стану кріплення на цій ділянці. Через два місяці після збійки швидкості зміщень стабілізувалися (див. рис. 5).

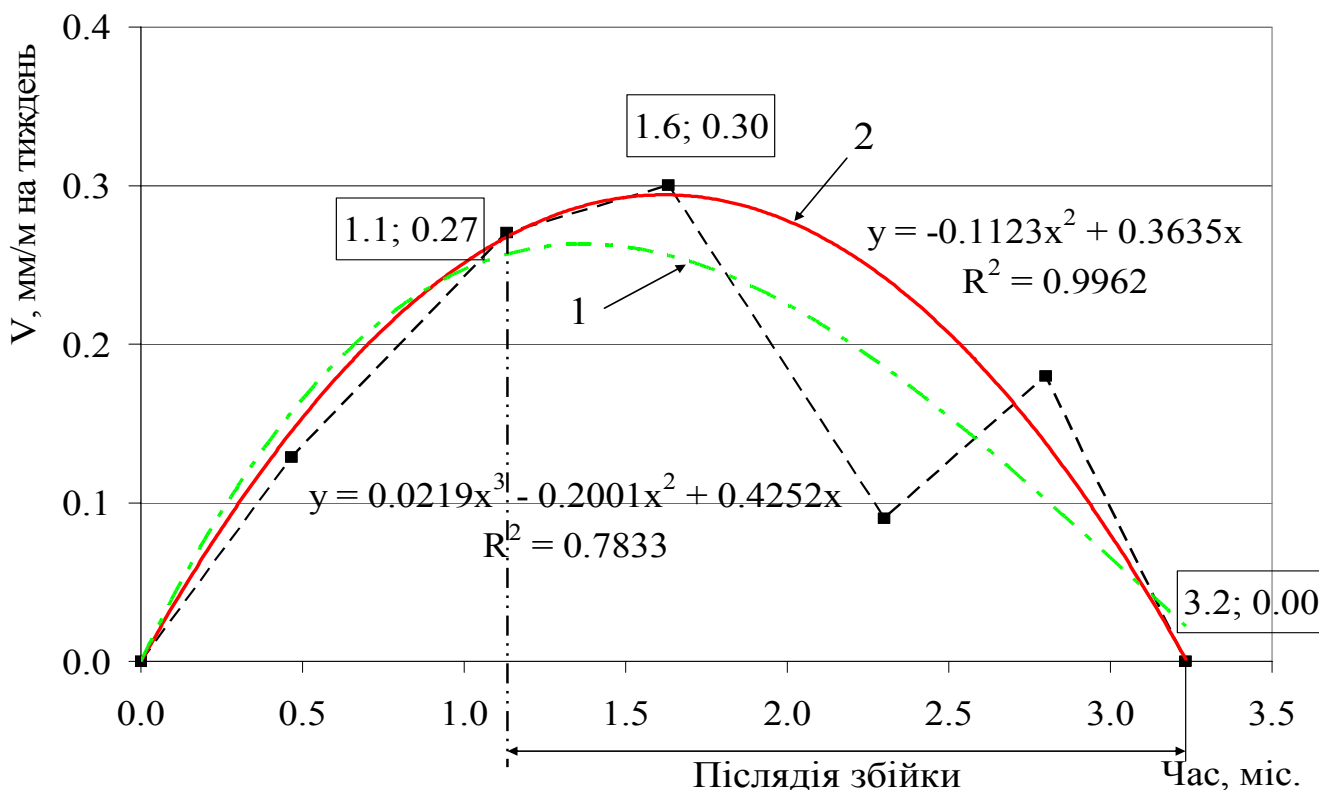


Рис. 5. Графік приростів швидкостей вертикальних деформацій кріплення ствола між отворами сполучення: 1 – апроксимуюча крива за результатами вимірів у стволі; 2 – те ж з додатковими вимірами з горизонтальної ділянки сполучення

Під час збійки порожнякової вітки зі стволом в протилежній вантажній вітці сполучення вертикальні зміщення (η) поблизу контуру ствола склали 25 мм, а на відстані $L = 23$ м від ствола не перевищували точності вимірювань (рис. 6).

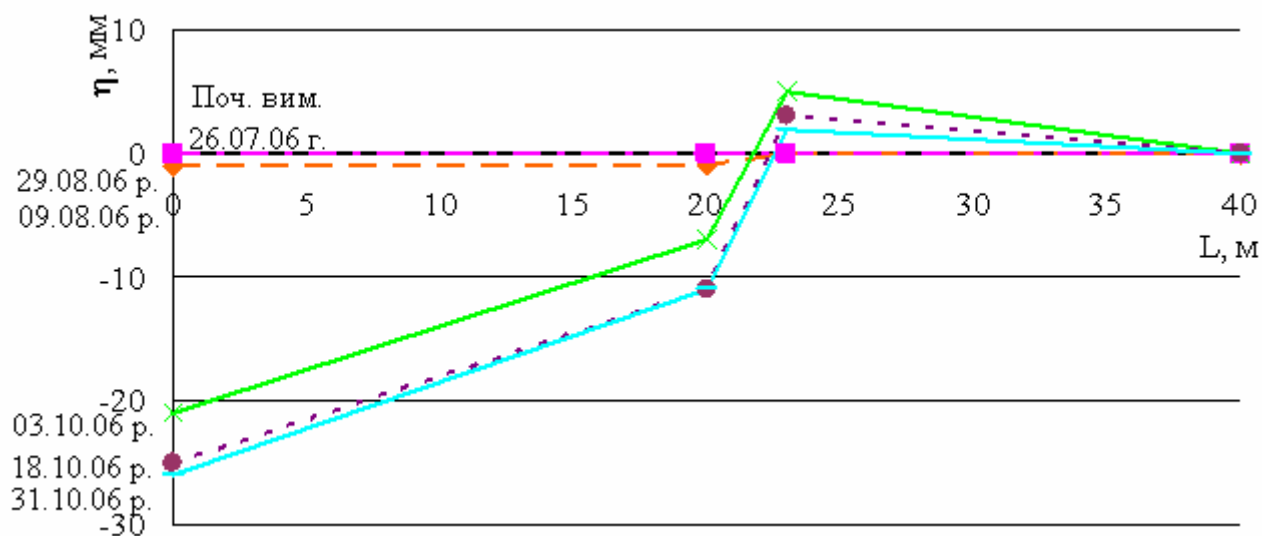


Рис. 6. Графік деформування горизонтальної зони сполучення

В результаті експериментальних досліджень в районах сполучень за складних геомеханічних умов було встановлено наступне.

Вертикальні зміщення носять нерівномірний, знакозмінний характер, що свідчить про послідовний розвиток геомеханічних процесів у районах сполучень. Найінтенсивніші деформації і відповідно порушення кріплення відбуваються безпосередньо на ділянці між отворами сполучення і в 2...5 разів більше в порівнянні з протяжною частиною ствола. Швидкості зміщень кріплення ствола досягають 0,5...1 мм/місяць і вище. Швидкості бічних зміщень примикаючих до ствола виробок досягають 4 мм/місяць і вище (осьові зміщення в 1,5...3 рази менше). При цьому мають місце пошкодження кріплення.

Вплив проведення виробок на ствол починає виявлятися з 40...50 м, а найінтенсивніше виявляється з 20 м. У цей період відбувається зростання навантаження на кріплення сполучень ствола від 0,2 МПа до 0,7...1,4 МПа. По вертикалі зона впливу поширюється від склепіння сполучення на 30 м для кріплення, а для армування - на 40 м (за існуючими положеннями вертикальна зона впливу сполучення 20 м).

Після збійки горизонтальна зона впливу сполучення становить близько 20 м від контуру ствола. Час післядії збійки 2 - 3 місяці, при цьому перші 2 тижні триває інтенсивна стадія деформування породного масиву: швидкості вертикальних деформацій кріплення досягають порядку $0,3 \times 10^{-3}$ на тиждень.

У п'ятому розділі розроблено пропозиції щодо способів забезпечення стійкості сполучень стволів. Склад способів і засобів їх охорони і підтримання, порядок застосування для забезпечення стійкості об'єктів наведені в структурно-логічній схемі (рис. 7), як на стадії їх проектування, так і при експлуатації.

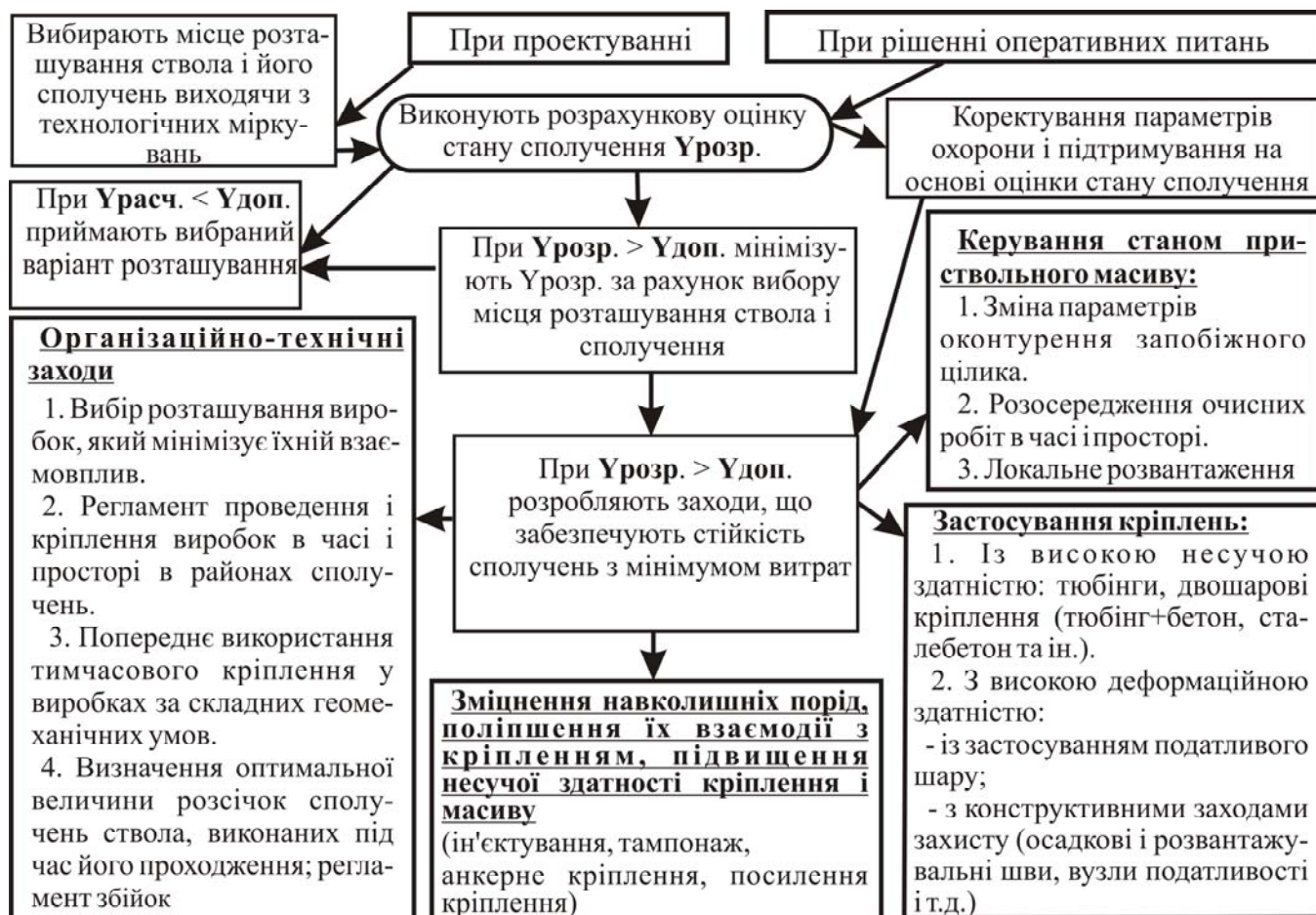


Рис. 7. Структурно-логічна схема застосування способів і засобів охорони і підтримання сполучень стволів на глибоких горизонтах

При проектуванні вирішується завдання вибору раціональних способів і засобів розташування, охорони і підтримання сполучень стволів, їх параметрів, що забезпечують стійкість сполучень протягом всього періоду їх експлуатації. При цьому спочатку вибір місця розташування сполучення здійснюють виходячи з технологічних міркувань, розраховуючи при цьому оцінку його стану. Якщо вона не перевищує допустимої оцінки, приймають даний варіант. У разі перевищення допустимої оцінки, переносять місце розташування сполучення в можливих межах, добиваючись мінімальної оцінки стану. Якщо при виборі місця розташування сполучення допустима оцінка стану не витримується, застосовують один або декілька заходів (див. рис. 7), що забезпечують стійкість сполучень. Вид заходів, їх кількість, обсяг застосування вибирають виходячи з техніко-економічного розрахунку за мінімумом витрат.

Автором розроблені такі організаційно-технічні заходи: вибір розташування виробок, що зводить до мінімуму їх взаємовплив; регламент проведення і кріплення виробок в часі та просторі в районах сполучень стволів; попереднє використання тимчасового кріплення у виробках за складних геомеханічних умов; визначення раціональної величини розсічок сполучень ствола, виконаних при його проходженні, регламент збійок.

При експлуатації розв'язуються оперативні питання, пов'язані з охороною та

підтриманням сполучень у випадках: пошкоджень кріплення або армування; проведення виробок в зоні впливу на сполучення; зміни порядку ведення очисних робіт в зоні впливу на сполучення і т. д., застосовуючи при цьому один або декілька заходів (див. рис. 7), звіряючи розрахункову оцінку стану з допустимою.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлених закономірностей деформування масиву гірських порід, що вміщує сполучення стволів, і розробки на цій основі пропозицій щодо способів охорони та підтримання вирішена актуальна науково-технічна задача геомеханічного забезпечення тривалої стійкості сполучень глибоких горизонтів.

Основні наукові і практичні результати роботи полягають в такому.

1. Вперше одержані кількісні оцінки станів сполучень за зонами та видами кріплення, що визначаються експоненціально-показниковою залежністю від таких комплексних факторів: геомеханічного показника ($\gamma H/R_{cp}$); ступеня впливу очисних виробок; ступеня порізаності масиву приствольними виробками і структурного показника складу вміщуючих порід. Достовірність їх підтверджується представницьким обсягом експериментальних даних, що включають результати обстеження понад 500 зон сполучень стволів, а також високими кореляційними відношеннями (0,6 – 0,9) в одержаних рівняннях.

2. Дослідженнями встановлено, що найбільш значимими в одержаних залежностях є показники: геомеханічний і впливу очисних робіт, з яких перший характеризує природний НДС породного масиву; другий показник відображає додаткове підвищення напружень внаслідок впливу очисних виробок, які оконтурюють запобіжні цілики. Вплив ступеня порізаності масиву і структурного показника складу вміщуючих порід залежить від типу кріплення та геомеханічної обстановки.

3. Вперше встановлено, що при проведенні виробок в районах сполучень глибоких горизонтів за умов нестійких порід утворюються динамічні зони впливу розміром по вертикалі до 40 м, що в 1,5...2 рази більше за стаціонарні. Після збійки виробки зі стволом процес деформування приствольного масиву триває протягом двох – трьох місяців, при цьому перші два тижні продовжується активна стадія.

4. Встановлено, що в районі сполучення за складних геомеханічних умов зміщення кріплення по вертикалі носять нерівномірний і знакозмінний характер і між отворами в 2...5 разів більші в порівнянні з протяжною частиною.

5. Розроблена структурно-логічна схема застосування способів і засобів охорони і підтримання сполучень стволів на глибоких горизонтах, яка включає: вибір місця розташування сполучення при проектуванні з урахуванням оцінки його стану і зіставлення з допустимою; у разі перевищення розрахункової оцінки над допустимою – застосування заходів щодо забезпечення стійкості сполучень.

6. Розроблені автором організаційно-технічні заходи щодо забезпечення стійкості сполучень, які включають: вибір розташування виробок, що зводить до мінімуму їх взаємовплив; регламент проведення і кріплення виробок в часі і прос-

торі в районах сполучень стволів; попереднє використання тимчасового кріплення у виробках за складних геомеханічних умов; визначення раціональної величини розсічок сполучень ствола, виконаних при його проходженні, регламент збійок.

7. Результати проведених досліджень використані при розробці трьох нормативно-методичних документів, а також понад 50 рекомендацій із забезпечення стійкості сполучень стволів, виконаних на замовлення підприємств вугільної промисловості. Економічний ефект від впровадження результатів роботи складає близько 500 тис. грн. для одного сполучення ствола.

Список опублікованих праць здобувача за темою дисертації

1. Колдунов И. А. Выемка предохранительного целика под действующим вертикальным стволом / И. А. Южанин, С. Б. Кулибаба, С. В. Голдин, И. А. Колдунов // Уголь Украины. – 1991. – № 8. – С. 28–31.

2. Колдунов И. А. Оценка устойчивости стволов, используемых под погружные насосы / В. А. Дрибан, И. А. Колдунов // Уголь Украины. – 2005. – № 7. – С. 40–42.

3. Колдунов И. А. К вопросу обеспечения устойчивости сопряжений шахтных стволов / И. А. Колдунов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України : зб. наук. пр. – Донецьк, 2007. – № 1. – С. 201–215.

4. Колдунов И. А. Оценка устойчивости сопряжений глубоких вертикальных стволов / В. А. Дрибан, И. А. Южанин, И. А. Колдунов // Уголь Украины. – 2008. – № 1. – С. 8–11.

5. Колдунов И. А. Оценка параметров деформирования околоствольного массива при проведении сопрягающихся выработок / В. А. Дрибан, И. А. Колдунов, С. А. Побойный // Уголь Украины. – 2008. – № 11. – С. 10–12.

6. Колдунов І. О. Експериментальні дослідження динаміки деформування приствольного масиву при збійці виробок зі стволом / І. О. Колдунов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України : зб. наук. пр. – Донецьк, 2009. – № 4. – С. 16–24.

7. Колдунов И. А. Натурные исследования деформирования горного массива в районе сопряжения глубокого вертикального шахтного ствола / В. А. Дрибан, И. А. Колдунов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України : зб. наук. пр. – Донецьк, 2009. – № 5. – С. 46–60.

8. Пат. 11236 Україна, 7E21F17/00, E21D5/00. Спосіб захисту вертикальних шахтових стовбурів, використовуваних під заглибні насоси / В. О. Дрибан, І. О. Колдунов; заявник і патентоволодар Український державний науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи НАН України. – № U 200505760 ; заявл. 13.06.05 ; опубл. 15.12.05, Бюл. № 12.

9. Пат. 30689 Україна, МПК (2006) E21D1/00, E21D5/00. Спосіб захисту сполучень вертикальних шахтних стволів з приствольними виробками / І. О. Колдунов, І. А. Южанин; заявник і патентоволодар Український державний науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи НАН України. – № U 20011722 ; заявл. 23.10.07 ;

опубл. 11.03.08, Бюл. № 5.

10. Пат. 46542 Україна, МПК (2009) E21D 1/00, E21D 5/00. Спосіб підвищення стійкості сполучень вертикальних шахтних стволів / В. О. Дрибан, І. О. Колдунов; заявник і патентоволодар Український державний науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи НАН України. - № U 200907238 ; заявл. 10.07.09 ; опубл. 25.12.09, Бюл. № 24.

11. Колдунов И. А. Прогноз состояния крепи сопряжений вертикальных шахтных стволов / И. А. Колдунов // Матеріали міжнародної конференції "Форум гірників - 2007", 11-13 жовтня 2007 р. – Дніпропетровськ : НГУ, 2007. – С. 188–193.

12. Колдунов И. А. Особенности деформирования околоствольного массива пород при проведении сопрягающихся выработок / В. А. Дрибан, И. А. Колдунов // Матеріали міжнародної конференції "Форум гірників - 2008", 13-15 жовтня 2008 р. – Дніпропетровськ : НГУ, 2008. – С. 45–49.

13. Колдунов И. А. Изучение процесса деформирования околоствольного массива в районе глубокого сопряжения ствола с основным горизонтом / В. А. Дрибан, И. А. Колдунов // Матеріали міжнародної конференції "Форум гірників - 2009", 30 вересня-03 жовтня 2009 р. – Дніпропетровськ : НГУ, 2009. – С. 64–72.

Особистий внесок автора в роботах, опублікованих в співавторстві: [1] - організація і проведення експериментальних досліджень, аналіз і узагальнення їх результатів; [2, 8 – 10, 12, 13] – аналіз і наукова інтерпретація результатів досліджень впливу процесу деформування масиву гірських порід на стан сполучень стволів; [4] – постановка задач, аналіз стану сполучень стволів, встановлення залежності стану сполучень стволів від факторів, які впливають; [5, 7] – розробка методики, постановка задач досліджень, встановлення параметрів прояву гірського тиску на сполучення стволів з метою визначення їх особливостей і закономірностей, аналіз і узагальнення одержаних результатів.

АНОТАЦІЯ

Колдунов І. О. Геомеханічне забезпечення стійкості сполучень вертикальних стволів на глибоких горизонтах. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – "Геотехнічна і гірнична механіка". Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет", Дніпропетровськ, 2010.

Дисертація присвячена актуальному науково-прикладному завданню вдосконалення способів і засобів охорони і підтримання сполучень стволів на глибоких горизонтах з метою забезпечення їх надійної експлуатації на весь термін служби.

На основі обстеження станів 156 (понад 500 зон) сполучень стволів за умов пологого і похилого залягання пластів були встановлені основні причини пошкодження кріплення й армування. Одержані кількісні оцінки стану сполучень за зонами та видами кріплення від комплексу факторів, які впливають, що включають

практично всі геомеханічні, гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови охорони і підтримання сполучень.

При проведенні візуальних та інструментальних досліджень в районах сполучень стволів на 12 спостережних станціях визначені просторові і часові параметри деформування кріплення і породного масиву, при яких виключається вплив приствольних виробок на ствол під час їх проведення, збійки і перекріплення.

Результати виконаних досліджень з'явилися науковою базою для розробки структурно-логічної схеми застосування способів і засобів охорони і підтримання сполучень стволів на глибоких горизонтах, що включає: вибір місця розташування сполучення при проектуванні з урахуванням оцінки його стану і зіставлення з допустимою; у разі перевищення розрахункової оцінки над допустимою - застосування заходів щодо забезпечення стійкості сполучень.

Ключові слова: сполучення вертикальних стволів, глибокі горизонти, охорона і підтримання, деформування приствольного масиву гірських порід, очисні і приствольні виробки, оцінка стану, забезпечення стійкості.

АННОТАЦІЯ

Колдунов И. А. Геомеханическое обеспечение устойчивости сопряжений вертикальных стволов на глубоких горизонтах. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.09 – “Геотехническая и горная механика”. Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”, Днепропетровск, 2010.

Диссертация посвящена актуальной научно-прикладной задаче совершенствования способов и средств охраны и поддержания сопряжений стволів на глубоких горизонтах с целью обеспечения их устойчивой эксплуатации на весь срок службы.

На основе обследования состояний 156 (более 500 зон) сопряжений глубоких стволів в условиях пологого и наклонного залегания пластов были установлены основные причины повреждений крепи и армировки. Впервые установлены зависимости состояния сопряжений по зонам и видам крепи от комплекса влияющих факторов, включающих практически все геомеханические, горно-геологические и горнотехнические условия охраны и поддержания сопряжений.

Проведены инструментальные исследования в районах сопряжений стволів на 12 наблюдательных станциях с целью установления закономерностей деформирования крепи и породного массива. В результате определены пространственные и временные параметры, при которых исключается влияние околоствольных выработок на ствол при их проведении, сбойке и перекреплении. Это дает возможность установить рациональную последовательность проведения околоствольных выработок в период строительства горизонта.

Результаты проведенных исследований явились научной базой для разработки структурно-логической схемы применения способов и средств охраны и под-

держания сопряжений стволов на глубоких горизонтах, как при проектировании, так и при эксплуатации.

При проектировании решается задача выбора рациональных способов и средств расположения, охраны и поддержания сопряжений стволов, их параметров, обеспечивающих устойчивость сопряжений в течение всего периода их эксплуатации. При этом изначально выбор места расположения сопряжения осуществляют исходя из технологических соображений, рассчитывая при этом оценку его состояния по впервые полученным зависимостям от влияющих факторов. Если она не превышает допустимой оценки, принимают данный вариант. В случае превышения допустимой оценки, переносят место расположения сопряжения в возможных пределах, добиваясь минимальной оценки состояния. Если при выборе места расположения сопряжения допустимая оценка состояния не выдерживается, применяют одно или несколько мероприятий, обеспечивающих устойчивость сопряжений. Вид мероприятий, их количество, объем применения выбирают исходя из технико-экономического расчета по минимуму затрат.

Разработаны автором следующие организационно-технические мероприятия: выбор расположения выработок, сводящий к минимуму их взаимовлияние; регламент проведения и крепления выработок во времени и пространстве в районах сопряжений стволов; предварительное использование временной крепи в выработках в сложных геомеханических условиях; определение рациональной величины расщечек сопряжений ствола, выполненных при его проходке, регламент сбоек.

При эксплуатации решаются оперативные вопросы, связанные с охраной и поддержанием сопряжений в случаях: повреждений крепи или армировки; проведения выработок в зоне влияния на сопряжения; изменения порядка ведения очистных работ в зоне влияния на сопряжения и т. д., применяя при этом одно или несколько мероприятий, сверяя оценку состояния с допустимой.

Экономический эффект от внедрения результатов работы составляет около 500 тыс. грн. для одного сопряжения ствола.

Ключевые слова: сопряжения вертикальных стволов, глубокие горизонты, охрана и поддержание, деформирование околоствольного массива горных пород, очистные и околоствольные выработки, оценка состояния, обеспечение устойчивости.

THE SUMMARY

Koldunov I. A. Geomechanical maintenance of vertical shaft linking stability at deep levels. – Manuscript.

Thesis for scientific degree of Cand. Tech. Sci. by specialty 05.15.09 – Geotechnical and rock mechanics. State higher educational establishment "National Mining University", Dnepropetrovsk, 2010.

The thesis deals with the urgent scientific-applied problem to improve methods and means of protection and maintenance of shaft linking at deep levels with the aim of ensuring their stable operation during the whole life cycle.

Based of the state survey of 156 shaft linkings (more than 500 sections) in conditions of flat and inclined occurrence of seams the main causes of the damage of shaft lining and equipment were determined. Quantitative estimates of the state of linking by sections and types of lining versus a set of influencing factors including practically the whole of geo-mechanical, geological and mining conditions of protection and maintenance of linking are obtained.

Instrumental survey and visual observation were conducted in the areas of shaft linking in order to determine regularities of lining and rock mass deformation. As a result space and time parameters at which impact of shaft siding on the shaft is excluded in drivage, linkage and re-lining are determined.

The outcomes of the investigations were scientific backgrounds for development of the structural log-frame of using methods and means for protection and maintenance of shaft linking at deep levels that consists in selection of linking location during planning, taking into account estimate of its state, and comparison with the allowable one. If calculated estimate exceeds the allowable one, measures for maintenance of linking stability shall be used.

Key words: linking of vertical shafts, deep levels, protection and maintenance, deformation of shaft rock mass, production workings and shaft siding, state estimation, ensuring stability.

Колдунов Ігор Олександрович

ГЕОМЕХАНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ СПОЛУЧЕНЬ
ВЕРТИКАЛЬНИХ СТВОЛІВ НА ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТАХ

(Автореферат)

Підписано до друку 07.02.2011 р. Формат 60×84 1/16.
Ум. друк. арк.. 0,9. Друк лазерний. Зам. № 345 Накл. 120 прим.

Надруковано в ТОВ "Цифрова типографія"
Адреса: м. Донецьк, вул. Челюскінців, 291а, тел.: (062) 388-07-31, 388-07-30