

Уголь Украины

№4

2017

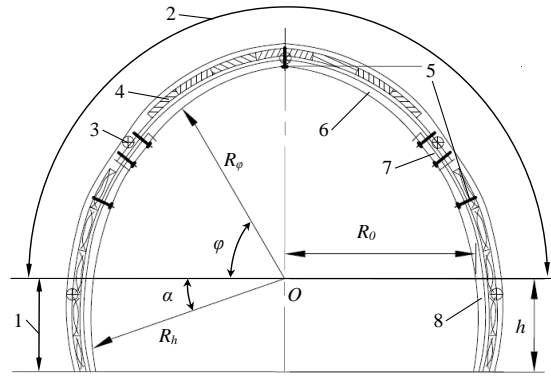


Рис. 2. Загальний вигляд металевого арочного піддатливого кріплення:

1 – нижня частина стояка, 2 – склепіння, 3 – розпірки, 4 – затяжка,
5 – міжрамні стягування, 6 – верхняк; 7 – замкове з'єднання (вузол піддатливості), 8 – стояк.

Для склепіння спочатку задавались (відповідно до гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов) значення вертикального навантаження, коефіцієнта бічного розпору, початкового радіусу склепіння виробки та нижньої частини стояка. За умова, що згинаючий момент $M_\varphi = 0$, конструкція має найбільшу стійкість, тобто:

$$M_\varphi = -R_A(R_0 - R_\varphi \cos \varphi) + H_A(h + R_\varphi \sin \varphi) + \lambda q_\varepsilon \frac{(h + R_\varphi \sin \varphi)^2}{2} + q_\varepsilon \frac{(R_0 - R_\varphi \cos \varphi)^2}{2} = 0, \quad (1)$$

де H_A – опорна горизонтальна реакція у шарнірі, $H_A = -\frac{\int_0^\pi M_1 M_p d\varphi}{\int_0^\pi M_1^2 d\varphi}$,

де M_1 – згинаючий момент від одиничної сили, $M_1 = -(h + R_\varphi \sin \varphi)$;

M_p – згинаючий момент від зовнішнього навантаження,

$$M_p = R_A(R_0 - R_\varphi \cos \varphi) - q_\varepsilon \frac{(R_0 - R_\varphi \cos \varphi)^2}{2} - \lambda q_\varepsilon \frac{(h + R_\varphi \sin \varphi)^2}{2};$$

R_A – опорна вертикальна реакція у шарнірі, $q_\varepsilon R_0$;

q_ε – вертикальне навантаження;

λ – коефіцієнт бічного розпору;

R_0 – початковий радіус склепіння виробки;

h – нижня частина стояка;

φ – кут між горизонталлю та радіусом для склепіння.

Підставивши в (1) всі значення та виконавши необхідні математичні розрахунки, одержуємо рівняння для визначення радіусу кривизни склепіння:

$$aR_\varphi^4 + bR_\varphi^3 + cR_\varphi^2 + dR_\varphi + e = 0, \quad (2)$$

де a, b, c, d, e – коефіцієнти рівняння;

$$a = 3\lambda\pi \sin^2 \varphi + 3\pi \cos^2 \varphi,$$

$$b = 6h\lambda\pi \sin \varphi + 24h\lambda \sin^2 \varphi + 24h \cos^2 \varphi - 4 - 8\lambda,$$

$$c = -3R_0\pi + 3h^2\lambda\pi + 48h^2\lambda \sin \varphi + 6h^2\lambda\pi \sin^2 \varphi + 6h^2\pi \cos^2 \varphi - 3h\pi - 18h\lambda\pi,$$

$$d = -24R_0h + 24h^3\lambda + 12h^3\lambda\pi \sin \varphi - 36h^2\lambda + 12R_0^2,$$

$$e = -6R_0^2h^2\pi + 6h^4\lambda\pi + 6R_0^2h\pi - 6h^3\lambda\pi.$$

Відповідно до гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов для нижньої частини стояка задавали значення вертикального навантаження, коефіцієнта бічного розпору, початкового радіусу склепіння виробки та нижньої частини стояка. За умови, що згинаючий момент $M_h = 0$, маємо:

$$M_h = -R_A(R_0 - R_h \cos \alpha) + H_A R_h \sin \alpha + \lambda q_\varepsilon \frac{(R_h \sin \alpha)^2}{2} + q_\varepsilon \frac{(R_0 - R_h \cos \alpha)^2}{2} = 0, \quad (3)$$

де H_A – опорна горизонтальна реакція у шарнірі, $H_A = -\frac{\int_0^\pi M_1 M_p d\alpha}{\int_0^\pi M_1^2 d\alpha}$,

де M_1 – згинаючий момент від одиничної сили, $M_1 = R_h \sin \alpha$;

M_p – згинаючий момент від зовнішнього навантаження,

$$M_p = R_A(R_0 - R_h \cos \alpha) - q_e \frac{(R_0 - R_h \cos \alpha)^2}{2} - \lambda q_e \frac{R_h^2 \sin^2 \varphi}{2};$$

α – кут між горизонталлю та радіусом для нижньої частини стояка.

Підставивши у формулу (3) всі значення та виконавши необхідні математичні розрахунки, одержуємо рівняння для визначення радіусу кривизни стояка:

$$aR_h^2 + b = 0, \quad (4)$$

де a, b – коефіцієнти рівняння;

$$a = 4 \sin \alpha + 8\lambda \sin \alpha + 3\lambda\pi \sin^2 \alpha + 3\pi \cos^2 \alpha,$$

$$b = -3R_0^2 \pi - 12R_0^2 \sin \alpha.$$

Точка O (див. рис. 1 і 2), з якої відкладають змінні радіуси кривизни R_φ та R_h міститься на перетині вертикальної осі виробки та горизонтальної лінії, що розділяє склепіння та нижню частину стояка.

Для перевірки отриманих рівнянь (2) і (4) було виконано тестова задача ($\lambda = 1, h = 0$ м та $R_0 = 2,5$ м). За результатами розрахунків побудовано форму площі поперечного перерізу виробки у вигляді кола, тобто при зміні φ від 0 до 90° радіус кривизни R_φ не змінювався і становив 2,5 м.

Форми поперечного перерізу виробок, які побудовано відповідно до значень радіусів кривизни верхняка і стояка, розрахованих за формулами (1) і (3) при $h = 1$ м та $R_0 = 2,73$ м, наведено на рис. 3. Наприклад, для спецпрофілю СВП27 значення радіусів кривизни верхняка і стояка й форма кріплення наведено в таблиці і рис. 4.

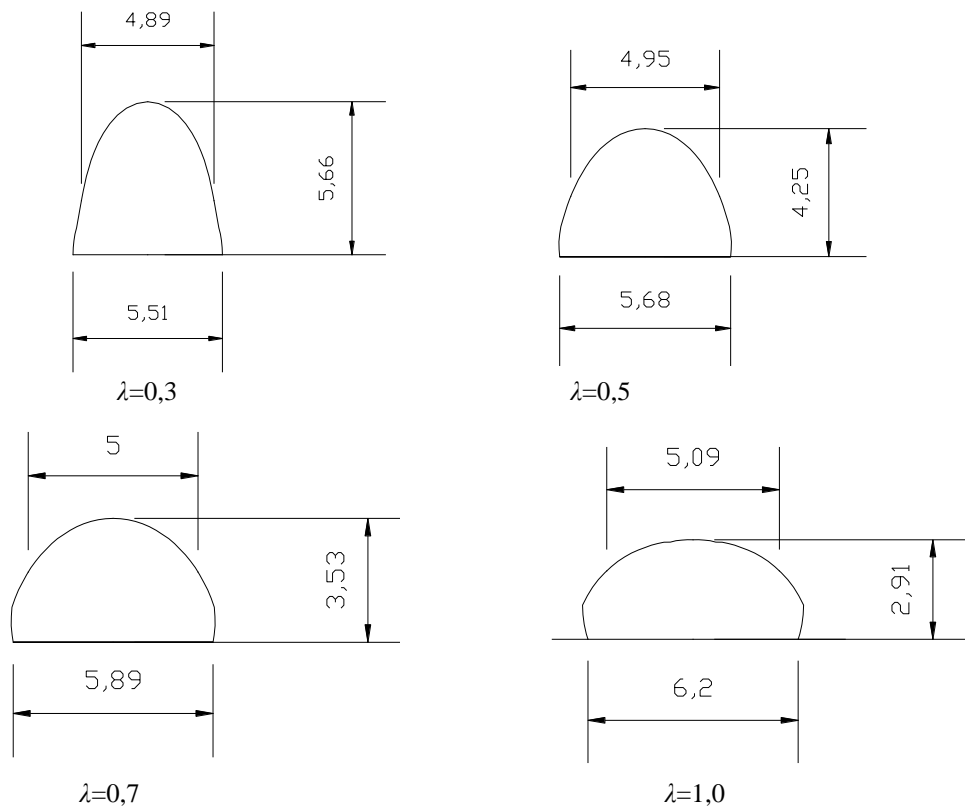


Рис. 3. Форми поперечного перерізу виробок залежно від коефіцієнт бічного розпору

При правильному встановленні постійного кріплення у виробці металеве арочне піддатливе кріплення оптимальної форми в конкретних гірничо-геологічних умовах сприймає значні навантаження як вертикальні, так і косонаправлені і має достатню конструктивну піддатливості, що дає змогу кріпленню працювати в піддатливому режимі до переходу його в жорсткий режим.

Висновки. Запропоноване нове металеве арочне піддатливе кріплення при визначенні раціональних значень радіусів кривизни верхняка і стояків може забезпечити вирішення проблеми вибору доцільної форми рами кріплення в різних гірничо-геологічних умовах. Використання цього кріплення дасть змогу підвищити його несучу здатність, отже і стійкість гірничих виробок, а також підвищити точність й простоту побудови контуру рами кріплення, знизити собівартість видобутку корисних копалин, поліпшити техніку безпеки ведення гірничих робіт, знизити витрати на ремонтні роботи.

Таблиця – Значення радіусів кривизни

Для верхняка					Для стояка				
$\varphi \backslash \lambda$	0,5	0,55	0,6	0,65	$\alpha \backslash \lambda$	0,5	0,55	0,6	0,65
90	2752	2557	2388	2240	60	2534			
85	2744	2552	2385	2239	55	2481	2388	2301	
80	2721	2537	2378	2236	50	2433	2359	2289	2224
75	2685	2515	2365	2232	45	2391	2335	2282	2231
70	2639	2486	2350	2228	40	2358	2318	2280	2244
65	2587	2453	2333	2224	35	2333	2309	2285	2262
60	2534	2420	2316	2221	30	2318	2308	2297	2287
55	2481	2388	2301	2221	25	2314	2316	2318	2320
50	2433	2359	2289	2224	20	2321	2334	2348	2361
45		2335	2282	2231	15	2340	2363	2387	2410
40				2244	10	2371	2403	2436	2469
					5	2414	2455	2496	2537
					0	2472	2520	2568	2616
					5	2519	2563	2607	2650
					10	2567	2607	2646	2685
					15	2617	2652	2686	2721
					20	2669	2698	2727	2756
					25	2721	2745	2769	2792

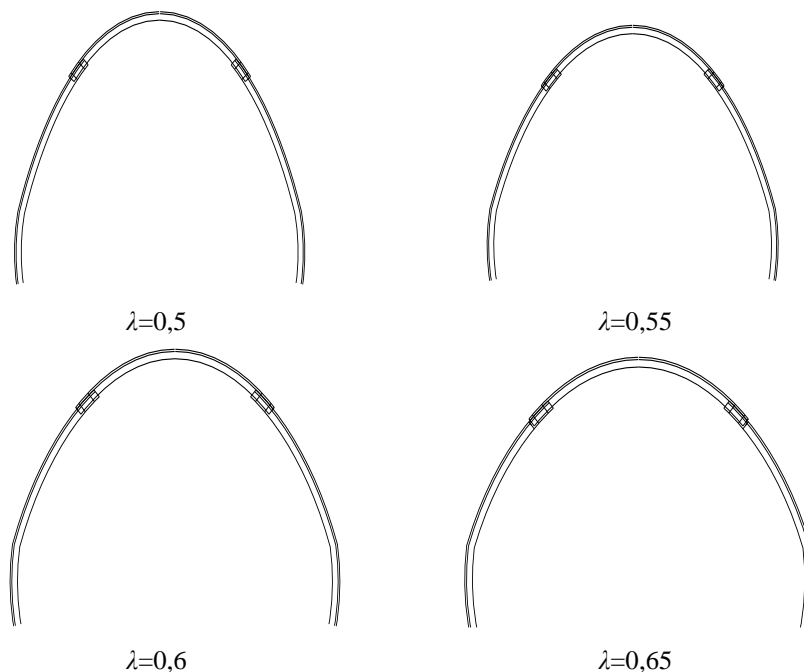


Рис. 4. Форма металевого аркового піддатливого кріплення при різних коефіцієнтах бічного розпору

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення несучої здатності металевого рамного піддатливого кріплення раціональної форми в різних гірничо-геологічних умовах шахт ДТЕК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Максимов А.П. Горное давление и крепи выработок. – М.: Недра, 1973. – 288 с.
2. Баклашов И.В. Конструкция и расчет крепей и обделок / Баклашов И.В., Тимофеев О.В. – М.: Недра, 1979. – 263 с.
3. Баклашов И.В. Механика подземных сооружений и конструкции крепей. Учебник для вузов / Баклашов И.В., Картозия Б.А. – М.: Недра, 1984. – 415 с.
4. Патент на корисну модель 54759 України, МПК E21D 11/14. Триланкове металеве рамне податливе кріплення «КМП-АЗР3» / В.Я. Кириченко, А.В. Кириченко, Г.Г. Сугаренко ; власник В.Я. Кириченко, А.В. Кириченко. – № u201005392 ; заявл. 05.05.2010 ; опублік. 25.11.2010, Бюл. № 22. – 8 с.
5. Патент на корисну модель 61034 України, МПК E21D 11/14. Металеве арочне податливе кріплення / В.Я. Кириченко, А.В. Кириченко, Г.Г. Сугаренко ; власник В.Я. Кириченко, А.В. Кириченко. – № u201013693 ; заявл. 18.11.2010 ; опублік. 11.07.2011, Бюл. № 13. – 5 с.
6. Терещук Р.М. Дослідження впливу розмірів виробки на напружено-деформований стан породного масиву / Р.М. Терещук, С.М. Гапесев, О.М. Терещук // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2007. – № 1. – С. 103–106.