

УДК 622.28.04

Терещук Р.М. к.т.н., доц., Терещук В.Р., студ. гр. 184М-16-1 ФБ

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна

ДО ПИТАННЯ ПРО ВИБІР ФОРМИ МЕТАЛЕВОГО РАМНОГО ПІДДАТЛИВОГО КРІПЛЕННЯ

Основним видом кріплення гірничих виробок вугільних шахт в Україні є металеве аркове піддатливе кріплення зі спецпрофілю. Незадовільний стан виробок і пов'язані з цим витрати на перекріплення, головним чином, обумовлені невідповідністю конструктивних параметрів аркового кріплення характеру та величині прояву гірського тиску. Тому успішне вирішення завдань, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності гірничих виробок, багато в чому залежить від ступеня досконалості використовуваних методів розрахунку різних підземних інженерних конструкцій.

Зниження витрат на підтримку гірничих виробок може бути досягнуто при дотриманні комплексу правил: надання виробці форми, найбільш доцільної для даних гірничо-геологічних умов; вибір раціональних способів охорони виробок; застосування кріплення відповідного типу і несучої здатності [1].

У роботах [1-3] наведені дослідження раціональних форм і параметрів виробок залежно від гірничо-геологічних умов і стану бічних порід з урахуванням матеріалу кріплення і методики їх розрахунку. При остаточному виборі форми виробки повинні враховуватися вимоги технологічності конструкції, експлуатаційні вимоги і питання економіки.

Вивченню та розробці раціональних форм і розмірів металевого рамного кріплення, на основі оптимізації радіусів криволінійних частин кріплення, присвячені роботи [1, 4].

Однак використання в шахтних умовах металевого рамного кріплення стандартних і розроблених нових форм є недостатнім для безремонтного підтримання виробок в експлуатаційному стані.

Мета роботи – визначити раціональні значення радіусів кривизни верхняка і стійок, що дозволить вирішити проблему вибору раціональної форми металевого рамного піддатливого кріплення в різних гірничо-геологічних умовах вугільних шахт.

Розрахунок сталевих конструкцій рамного кріплення виконувався на зовнішнє навантаження. Конструкцію піддатливого рамного кріплення розглядали як двохшарнірну арку. Тиск бічних порід на кріплення – вертикальне і бічне навантаження, що приймалися рівномірно розподіленим (рис. 1).

В дані роботі вирішувалась задача удосконалення металевого арочного піддатливого кріплення, в якому шляхом введення нових конструктивних параметрів форми арочного кріплення, що забезпечують підвищення несучої здатності кріплення в різних гірничо-геологічних умовах та спрощення побудови контуру рами кріплення, і, за рахунок цього зниження собівартості

видобутку корисних копалин, поліпшення техніки безпеки ведення гірничих робіт, зниження витрат на ремонтні роботи.

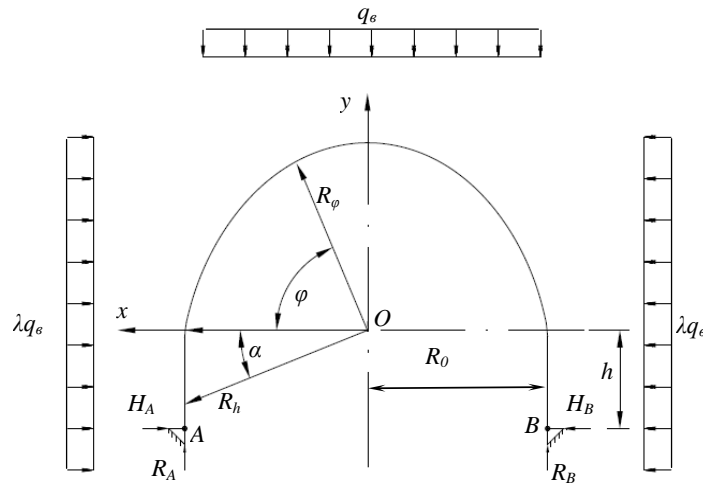


Рис. 1. Розрахункова схема до вирішення задачі визначення раціональної форми рамного кріплення

Задача вирішувалась наступним чином. Для металевого арочного піддатливого кріплення, що включає з'єднані між собою рами, виконані з металевого шахтного спецпрофілю, кожна з яких криволінійної форми і складена з верхняка і стійок, які з'єднані вузлами піддатливості, утвореними зв'язаними внапусток їх кінцевими частинами і скріплені між собою замками, визначали форму верхняка і стійок рами, окреслених перемінними радіусами кривизни R_φ та R_h . Визначення радіусів кривизни R_φ та R_h виконувалось окремо для склепіння і нижньої частини стійок.

Для склепіння спочатку задавались, відповідно до гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов, значення вертикального навантаження, коефіцієнта бічного розпору, початкового радіусу склепіння виробки та нижньої частина стійки. 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, $H_A = -\frac{\int_0^{\frac{\pi}{2}} M_1 M_p d\varphi}{\int_0^{\frac{\pi}{2}} M_1^2 d\varphi}$,

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, $q_e R_0$; q_e – вертикальне навантаження; λ – коефіцієнт бічного розпору; R_0 – початковий радіус склепіння виробки; h – нижня частина стійки; φ – кут між горизонталлю та радіусом для склепіння.

Підставивши в (1) всі значення та виконавши необхідні математичні розрахунки, маємо 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;

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

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

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

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

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

Для нижньої частини стійки задавали, відповідно до гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов, значення вертикального навантаження, коефіцієнта бічного розпору, початкового радіусу склепіння виробки та нижньої частини стійки. Далі за тієї ж умови, що згинаючий момент $M_h = 0$, маємо:

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

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

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

M_p – згинаючий момент від зовнішнього навантаження,

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

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

Підставивши в (3) всі значення та виконавши необхідні математичні розрахунки, маємо рівняння для визначення радіусу кривизни стійки:

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

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 (рис. 1), з якої відкладають перемінні радіуси кривизни R_φ та R_h знаходиться на перетині вертикальної вісі виробки та горизонтальної лінії, що розділяє склепіння та нижню частину стійки.

На рис. 2 наведено форми поперечного перерізу виробок, які побудовані відповідно до значень радіусів кривизни верхняка і стійки, що розраховані за формулами (2) та (4) при $h = 1$ м та $R_0 = 2,73$ м.

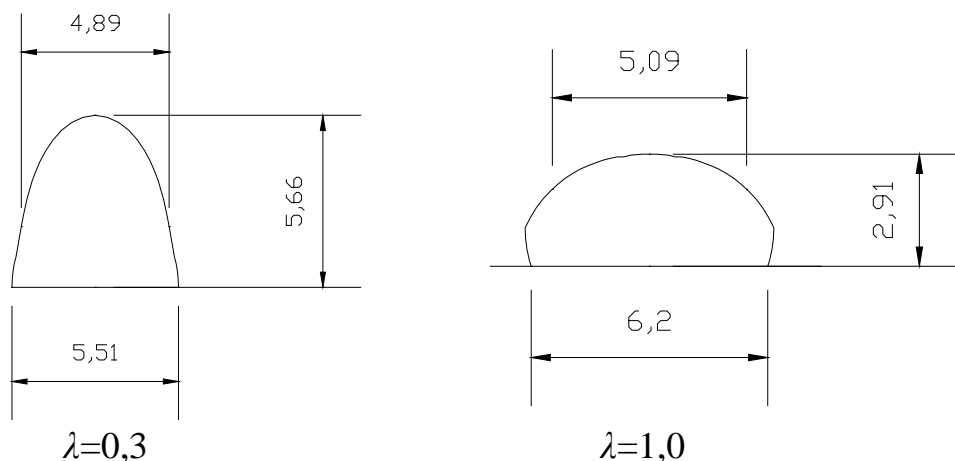


Рис. 2. Форми поперечного перерізу виробок залежно від коефіцієнту бічного розпору

Таким чином, використання отриманих в даній роботі рівнянь для визначення радіусів кривизни верхняка і стійки вирішить проблему вибору раціональної форми рами металевого арочного піддатливого кріплення в різних гірничо-геологічних умовах вугільних шахт, що дозволить підвищити несучу здатність кріплення, а отже і стійкість гірничих виробок, підвищити точність та простоту побудови контуру рами кріплення, знизити собівартість видобутку корисних копалин, поліпшити техніку безпеки ведення гірничих робіт, знизити витрати на ремонтні роботи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шашенко А.Н. Управление устойчивостью протяженных выработок глубоких шахт / А.Н. Шашенко, А.В. Мартовицкий, А.В. Солодянкин. – Монография. – Днепропетровск: ЛизуновПрес, 2012. – 384 с.
2. Григорьев А.Е. К вопросу определения систем крепи подземных горных выработок угольных шахт / А.Е. Григорьев, А.С. Барышников, Б.В. Марцынюк // Перспективи розвитку будівельних технологій. Матеріали 9-ї міжн. наук.-практ. конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 23–24 квітня 2015 р. – Д.: Національний гірничий університет, 2015. – С. 33–36.
3. Янко В.В. Определение параметров крепи в зоне дизъюнктивного нарушения / Янко В.В. // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий журнал: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вип. 2 (14). – С. 114–121.
4. Терещук Р.М. Дослідження впливу розмірів виробки на напружено-деформований стан породного масиву / Р.М. Терещук, С.М. Гапеев, О.М. Терещук // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2007. – № 1. – С. 103–106.