

© О.П. Круковський<sup>1</sup>, С.А. Курносов<sup>1</sup>, С.Ю. Макеєв<sup>1</sup>, М.М. Стадничук<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна

## РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ БЕТОННИХ ЛИТОЇ І ПАКЕТОВАНОЇ ОХОРОННИХ СМУГ

© O. Krukovskyi<sup>1</sup>, S. Kurnosov<sup>1</sup>, S. Makeiev<sup>1</sup>, M. Stadnichuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics NAS of Ukraine, Dnipro, Ukraine

## CALCULATION OF THE STRENGTH OF CAST AND PACKAGED CON- CRETE PROTECTIVE WALLS

**Мета.** Обґрунтування відповідності обраної цементно-мінеральної суміші гірничо-геологічним умовам розташування виробки при розрахунку параметрів литої або пакетованої смуг з урахуванням інтенсивності твердіння бетону в часі, відповідність набору міцності бетоном очікуваним навантаженням.

**Методика.** Для обґрунтування відповідності фізико-механічних властивостей суміші тиску на засіб охорони виробки з боку підробленої покрівлі вугільного пласта, використовують значення межі міцності бетону на одноосьовий стиск, отримані за стандартними випробуваннями в лабораторних умовах. При цьому піддають одноосьовому стиску зразки бетону, поверхні яких повинні бути гладкими і паралельними, що не відповідає шахтним умовам спорудження і експлуатації литих і пакетованих охоронних смуг.

В технологіях спорудження литих і пакетованих охоронних смуг застосовують швидко-твердіючі суміші в рідкому стані. Деякий час, необхідний для твердіння бетону, вони не здатні сприймати на себе тиск від підроблених лавою порід. Тому критерієм оцінки стійкості литих або пакетованих смуг є відповідність швидкості зростання межі міцності смуги на одноосьовий стиск навантаженням від підробленої покрівлі вугільного пласта на момент часу  $\tau$ .

**Результати.** Встановлено вагомість впливу на межу міцності бетонної смуги кожного з факторів, що утворюють ризик її руйнування. При цьому враховані діапазони зміни цих факторів. Найбільший вплив (до 33%) здійснює фактор потужності вугільного пласта  $k_m$ .

**Наукова новизна** роботи полягає в комплексуванні коефіцієнтів впливу факторів, що утворюють ризик руйнування бетонної охоронної смуги: її структури; рельєфу підроблених і надроблених порід, що тиснуть на смугу; хімічної агресивності шахтної води, яка використовується для розчину суміші; температури шахтного середовища та потужності вугільного пласта для отримання формули розрахунку зростання міцності смуги в часі.

**Практична значимість** роботи полягає у вдосконаленні методики розрахунку міцності бетонних охоронних смуг в часі шляхом врахування факторів, що утворюють шахтні умови їх спорудження і експлуатації.

**Ключові слова:** *повторне використання дільничних виробок, засоби охорони виробок, швидкотвердіючі суміші, параметри литих і пакетованих охоронних смуг, інтенсивність навантаження засобів охорони.*

**Вступ.** Ефективність функціонування вугільних шахт суттєво залежить від стану дільничних виробок. На сучасних вугледобувних підприємствах прагнуть зберігати конвеєрні виробки для їх повторного використання в якості вентиляційних при відпрацюванні наступного суміжного виїмкового стовпа. Це сприяє

підвищенню темпів видобутку вугілля за рахунок наступних чинників. По-перше, збереження конвеєрної виробки після проходу першої лави дозволяє застосовувати прямоочні схеми провітрювання, що знижує обмеження на швидкість відпрацювання вугільного пласта за газовим фактором. По-друге, повторне використання виробки пришвидшує підготовку наступного виїмкового стовпа за рахунок зменшення протяжності нових підготовчих виробок, що також сприяє зниженню витрат на їх проведення і кріплення.

Належна стійкість цих виробок значною мірою залежить від властивостей застосовуваних засобів їх охорони. Дільничні виробки є пластовими, тому після вилучення вугілля в їх борту з боку виробленого простору лави утворюється порожнина, висотою, що дорівнює потужності вугільного пласта. Засіб охорони призначений для заповнення цієї порожнини поблизу контуру виробки. Він повинен сприймати на себе навантаження від ваги порід підробленої покрівлі та запобігати витоку у вироблений простір лави свіжого струменю повітря і, навпаки, потраплянню метано-повітряної суміші у дільничну виробку. Крім того, засіб охорони повинен бути жорстким, тобто мати малу відносну вертикальну деформацію при навантаженні. Це прискорює обвалення підробленої покрівлі слідом за вибоєм лави за рахунок ефективного обрізання консолі завислих над виробкою порід та зменшує асиметричність навантаження рамного кріплення виробки і тиск покрівлі на засіб її охорони. З іншого боку, збільшення жорсткості засобу охорони виробки викликає концентрацію напружень в її підодшві, що зменшує стійкість бермової частини контуру виробки і збільшує здимання її підодшви. Тому треба дотримуватись необхідного балансу для різних геологічних умов розташування виробки.

Переліченим вимогам відповідають бетонні засоби охорони виробки, серед яких найбільшого поширення набули літа і пакетована смуги [1, 2]. Для спорудження литої смуги між рядами органного кріплення чіпляють пусті пакети великої ємності (близько 2-3 м<sup>3</sup>), які заповнюють швидкотвердічою сумішшю, розбавленою водою. Пакетовану смугу будують за принципом цегляної кладки шляхом викладення між рядами органного кріплення невеликих пакетів з сухою сумішшю (вагою 20 кг), а потім додають в них воду через спеціальний голчастий ін'єктор. Тобто, в обох технологіях спорудження бетонного засобу охорони виробки застосовують швидкотвердіючі суміші в рідкому стані. Тому він деякий час, необхідний для твердіння бетону, не здатний сприймати на себе тиск від підроблених лавою порід.

**Формулювання мети статті.** Тиск підробленої покрівлі вугільного пласта на засіб охорони виробки зростає з часом, у міру віддалення вибою лави. Тому для обґрунтування відповідності обраної цементно-мінеральної суміші гірничо-геологічним умовам розташування виробки, при розрахунку параметрів литої або пакетованої смуг важливо враховувати інтенсивність твердіння бетону в часі. Тобто відповідність набору міцності бетоном очікуваним навантаженням.

При оцінюванні несучої здатності бетонних засобів охорони виробок користуються значеннями міцності бетону, отриманими за результатами випробування його зразків в лабораторних умовах [3]. При цьому піддають одноосьо-

вому стиску зразки кубічної або циліндричної форми, поверхні яких повинні бути гладкими і паралельними. Однак в шахтних умовах ці вимоги не дотримуються [4]. Поверхні бетонної смуги мають нерівності, що сприяє нерівномірному розподілу по ним тиску. Значні нерівності має і підроблена покрівля вугільного пласта, яка тисне на смугу. Це обумовлює концентрацію напружень в окремих точках бетонної смуги і знижує її несучу здатність. На зміцнення бетону в часі впливає температура шахтного середовища і хімічний склад шахтної води, яка використовується для розчину суміші. Перелічені фактори слід враховувати при розрахунку параметрів засобу охорони виробки.

Тому метою досліджень є вдосконалення методики розрахунку міцності бетонних охоронних смуг в часі шляхом врахування факторів, що утворюють шахтні умови їх спорудження і експлуатації.

**Основний матеріал дослідження.** Аналіз технологій зведення бетонних литої і пакетованої смуг вказує на необхідність врахування шахтних умов їх спорудження і експлуатації при розрахунку параметрів засобів охорони виробки.

Вимоги до засобів охорони дільничних виробок на основі литої або пакетованої смуг полягають в наступному.

Умови застосування засобів:

1. Бесціликова розробка вугільних пластів стовповими, комбінованими і суцільними системами по простяганню, падінню і повстанню.

2. Гірничо-геологічні умови:

– потужність вугільного пласта – 1,0-2,5 м; кут падіння пласта – до 30°; глибина розробки – до 1300 м;

– обвалюваність покрівлі – категорії А1-А3 [5];

– межа міцності на стиск порід підосви потужністю, яка дорівнює ширині дільничної виробки –  $\geq 3$  МПа.

Основні вимоги до суміші:

– компоненти суміші повинні бути нетоксичні і негорючі;

– суміш повинна допускати приготування розчину на шахтній воді;

– мати високу гідрофільність;

– інтенсивно набирати міцність після змішування з водою: межа міцності бетону на одновісний стиск на 7-му добу твердіння повинна становити не менше 65 % від його міцності на 28-му добу; межа міцності на 28-му добу: при легко- і середньообвалюваній покрівлі (А1 і А2) – не менше 30 МПа, при важкообвалюваній покрівлі (А3) – не менше 40 МПа.

Ширина смуги ( $b_{wall}$ ) визначається потужністю вугільного пласта, що виймається ( $m$ ), а також категорією обвалюваності покрівлі [1] і на першому етапі приймається рівною:

– при легкообвалюваній покрівлі – 0,7м;

– при середньообвалюваній – 1,0м;

– при важкообвалюваній – 1,2м.

При цьому, незалежно від результатів розрахунку, ширина смуги повинна бути не менше 1,0 м.

Мінімальну відстань охоронно-ізолюючої смуги від контуру дільничної виробки в проходці (ширину берми  $b_{ber}$ ) приймають рівною висоті підривання підосви виробки відносно підосви вугільного пласта (нижнього підривання) при міцності порід на стиск менше 40 МПа і 0,6 висоти нижнього підривання - при більшій міцності порід [1]. При штучному зміцненні борту виробки у підосві (наприклад, анкеруванням або нагнітанням складів, що зміцнюють), допускається зменшення даної відстані.

В лабораторних умовах, у разі використання в суміші портландцементів при температурі навколишнього середовища  $t = 20^{\circ}\text{C}$ , міцність бетону на стиск у будь-який момент часу твердіння  $\tau$  визначають по його міцності в часі  $\tau = 28$  діб ( $R_{(28)}$ ) [6], використовуючи формулу Б.Г. Скрамтаєва

$$R_{(\tau)} = R_{(28)} \cdot \lg \tau / \lg 28, \quad (1)$$

Для підвищення точності розрахунків слід враховувати коефіцієнти зміни міцності бетонних смуг під впливом їх структури; нерівностей рельєфу підроблених і надроблених порід; агресивності шахтної води, яка використовується для розчину суміші [7]; потужності вугільного пласта; температури шахтного середовища на інтенсивність набору міцності бетоном. Критерій оцінки – зі збільшенням коефіцієнтів несуча здатність смуги зростає.

Тоді, при розрахунку міцності пакетованої смуги на стиск на момент часу твердіння  $\tau$  з урахуванням технологічних і гірничо-геологічних факторів в реальних шахтних умовах формула (1) приймає вигляд

$$R_{cw(\tau)} = k_{str} \cdot k_{rel} \cdot k_{mw} \cdot k_m \cdot R_{(28)} \cdot \lg(\tau \cdot k_t) / \lg 28, \quad (2)$$

де  $R_{cw(\tau)}$  – межа міцності бетонної смуги на одноосьовий стиск на момент часу  $\tau$ ;  $k_{str}$  – коефіцієнт ослаблення бетонної смуги під впливом її структури, для ПС  $k_{str} = 0,7$ , що обумовлено неправильною геометричною формою пакетів з сумішшю, які формують її структуру, для ЛС  $k_{str} = 1,0$  [7, 8];  $k_{rel}$  – коефіцієнт ослаблення бетонної смуги під впливом нерівностей рельєфу підроблених і надроблених порід.

Нерівність навантажувальних поверхонь (порід покрівлі і підосви) не впливають на межу міцності ПС –  $k_{rel} = 1$ , [7, 9] для ЛС  $k_{rel} = 0,7$ ;  $k_{mw}$  – коефіцієнт впливу агресивності шахтних вод на міцність бетону [10];  $k_m$  – коефіцієнт впливу потужності вугільного пласта, що виймається, на міцність бетонної смуги [7, 8];  $k_t$  – коефіцієнт впливу температури шахтного середовища на інтенсивність набору міцності бетоном в період часу  $1 < \tau \leq 28$ , діб [8, 9]

$$k_t = 0,25e^{0,07t}, \quad (3)$$

де  $t$  – температура шахтного середовища. За вимогами [11] допустима температура в гірничих виробках становить  $23^{\circ}\text{C} \leq t \leq 26^{\circ}\text{C}$ , тому  $1,24 \leq k_t \leq 1,52$ .

При спорудженні литої смуги рідку цементно-мінеральну суміш заливають в великі ємності – довжиною і шириною приблизно 1,0 м та висотою, що дорівнює потужності вугільного пласта. За рахунок цього вона має монолітну структуру, що сприяє підвищенню її несучої здатності. Тому при розрахунку параметрів ЛС кое-

фіцієнт структури  $k_{str} = 1,0$ . Пакована смуга складається з окремих заповнених сумішню пакетів незначних розмірів, вагою 20 кг, які мають неправильну геометричну форму. Тому у разі розрахунку параметрів ПС коефіцієнт структури  $k_{str} = 0,7$ .

Після вилучення вугільного пласта породи його покрівлі і підосви мають нерівний рельєф. Ці нерівності концентрують напруження в окремих точках охоронної смуги, що обумовлює виникнення в ній тріщин. При цьому, у разі застосування ЛС, в бетоні виникають переважно вертикальні тріщини, які розростаються на всю висоту засобу охорони і обумовлюють його руйнування. Тому для ЛС  $k_{rel} = 0,7$ . У разі застосування ПС під дією нерівностей рельєфу руйнуються тільки крайні верхній і нижній шари пакетів, які вирівнюють навантаження по площі інших шарів пакетів. Це сприяє підвищенню несучої здатності ПС, тому при розрахунку її параметрів  $k_{rel} = 1,0$ .

Дослідженням хімічних складів шахтних вод на вугледобувних підприємствах України [10] встановлено, що при використанні для замішування суміші шахтної води замість водопровідної, міцність бетонів знижується на 7-17 %. Тому  $0,83 < k_{mw} < 0,93$ . За відсутності даних про хімічний склад шахтної води, коефіцієнт впливу її агресивності приймають рівним  $k_{mw} = 0,9$ .

Зі збільшенням висоти пакованої смуги (тобто потужності вугільного пласта, що виймається) інтенсифікується видавлювання її центральних шарів, в результаті чого межа міцності смуги на стиск знижується по лінійній залежності. Коефіцієнт впливу потужності вугільного пласта на міцність пакованої смуги визначають за формулою [7, 8]

$$k_m = 1,22 - 0,22m, \quad (4)$$

де  $m$  – потужність вугільного пласта, що виймається, м.

Вагомість впливу на межу міцності бетонної смуги кожного з задіяних в (2) коефіцієнтів показано на рис. 1. При цьому враховані діапазони зміни перелічених вище геологічних і технологічних факторів. Найбільший вплив (до 33%) здійснює фактор потужності вугільного пласта  $k_m$  (рис. 2). Вплив коефіцієнту  $k_t$  відрізняється від інших, оскільки зростання температури шахтного середовища прискорює набір міцності бетоном.

З рис. 2 видно, що залежність межі міцності бетонної смуги на стиск від часу має логарифмічний вид і зростає зі зменшенням потужності вугільного пласта.

На наступному етапі розраховують тиск  $P$  подробленої покрівлі на засіб охорони виробки за відомою методикою [12] або шляхом вимірювань в шахтних умовах. Далі здійснюють коригування параметрів засобів охорони виробок в умовах інтенсифікації гірничих робіт. Для цього тиск  $P$  на момент часу твердіння бетону  $\tau$  зіставляють з міцністю бетонної смуги на одноосьовий стиск  $R_{cw(\tau)}$  – на той же момент часу твердіння (2) [13]. Для роботи засобу охорони в нормальному режимі повинна виконуватися умова

$$P \leq R_{cw(\tau)} / g, \quad (5)$$

де  $g$  – коефіцієнт надійності, для бетонних конструкцій з середньою густиною понад  $1600 \text{ кг/м}^3$ ;  $g = 1,1$ .

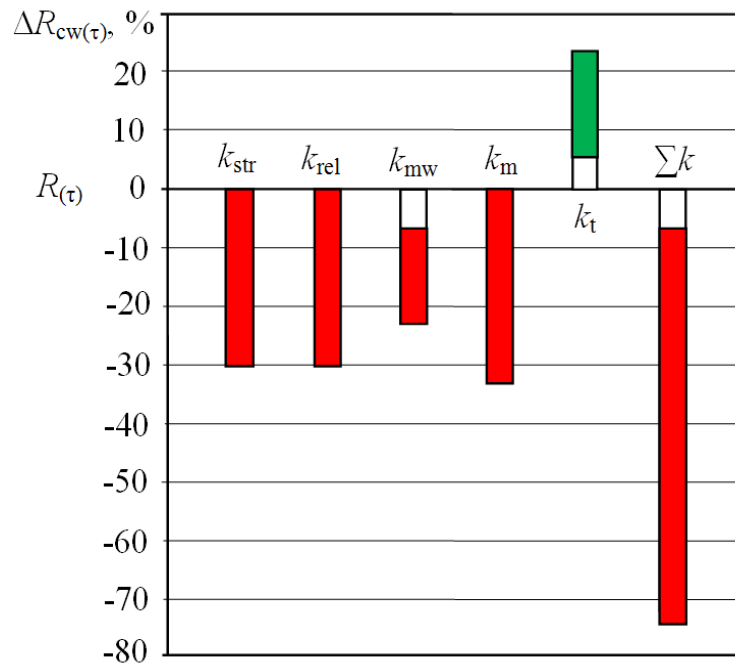


Рис. 1. Діапазони вагомості впливу шахтних умов на межу міцності бетонної смуги

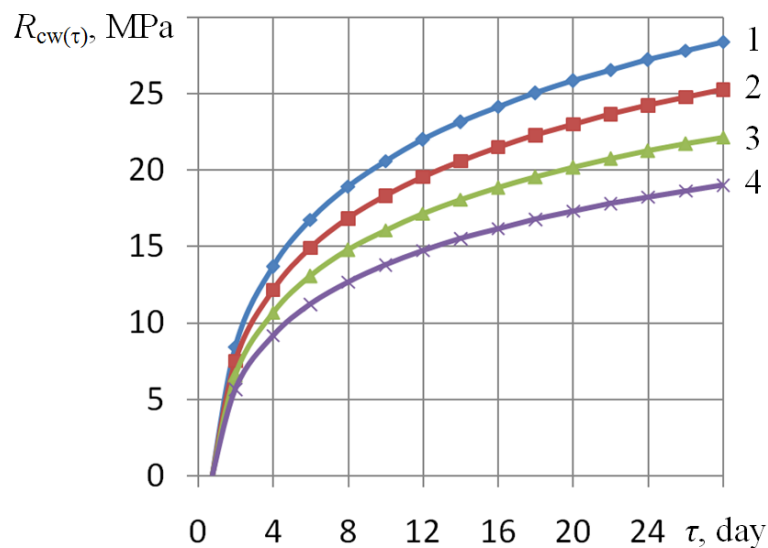


Рис. 2. Вплив потужності вугільного пласта на межу міцності бетонної смуги на стиск (при  $k_{str} = 0,7$ ;  $k_{rel} = 1,0$ ;  $k_{mw} = 0,9$ ;  $R_{(28)} = 40$  МПа;  $t = 26$  °С): 1 –  $m = 1.0$  м; 2 –  $m = 1.5$  м; 3 –  $m = 2.0$  м; 4 –  $m = 2.5$  м

Тиск підробленої покрівлі  $P$  на засіб охорони виробки при незмінних гірничо-геологічних умовах залежить від відстані розглянутого перерізу виробки до вибою лави, м. Зі збільшенням даної відстані тиск на смугу зростає до моменту обвалення консолі підроблених порід. Максимальна довжина консолі залежить від категорії обвалюваності покрівлі [5]. Тобто максимальний тиск на смугу досягається до моменту обвалення покрівлі, потім він різко падає і поступово зростає до певного стабільного значення, яке менше максимального.

Отже, при інтенсифікації гірничих робіт (тобто зі збільшенням швидкості посування вибою лави), максимальний тиск на засіб охорони виробки досягається на більш ранньому етапі твердіння бетону. Виникає питання про відповідність міцності бетону в даному віці величині тиску на нього (5).

Технології спорудження литої смуги передбачає її відставання від вибою лави до 6 м, а пакетованої – до 4 м, тобто  $4 \leq l_{lag} \leq 6$ , м. Тому, для забезпечення запасу міцності, відлік відстані до вибою лави ( $l_{lw}$ , м) починають з максимального значення, тобто з 6 м [7].

$$l_{lw} = V_{lw} \cdot \tau + l_{lag}, \quad (6)$$

де  $V_{lw}$  – швидкість посування лави, м/доб.;  $\tau$  – час, що минув з моменту замішування суміші водою в даному перерізі бетонної смуги, діб;  $l_{lag}$  – відставання фронту бетонної смуги від вибою лави,  $l_{lag} = 6$  м.

З виразу (6) видно, що при збільшенні  $V_{lw}$ , та сама відстань  $l_{lw}$ , а отже і тиск на смугу  $P$ , досягаються за менший час  $\tau$

$$\tau_2 = V_{lw1} \cdot \tau_1 / V_{lw2}, \quad (7)$$

де  $V_{lw1}$  і  $V_{lw2}$  – відповідно базова і планована швидкості посування лави, м/доб.;  $\tau_1$  і  $\tau_2$  – час твердіння бетону до досягнення тиску на нього  $P$  відповідно при базовій і планованій швидкостях посування лави, діб.

Далі за формулою (2) перераховують межу міцності бетонної смуги в віці  $\tau_2$  і за умовою (5) оцінюють здатність смуги опиратися тиску порід при планованій швидкості посування лави  $V_{lw2}$ . При невиконанні умови (5) приймають один з наступних варіантів коригування параметрів засобу охорони виробки або технології ведення гірничих робіт:

– додавання в паспорт кріплення рядів дерев'яних стійок з боку виробленого простору лави;

– додавання в суху цементно-мінеральну суміш прискорювачів твердіння бетону;

– завчасне зміцнення порід покрівлі, що підробляється, шляхом їх анкерування. Для підвищення ефективності роботи смуги в якості обрізного кріплення анкери над вугільним пластом встановлюють з таким розрахунком, щоб їх довжина не перекривала дальній від виробки край засобу охорони виробки [7, 14];

– зменшення планованої швидкості посування лави.

### Висновки.

1. Встановлено, що існуючі нормативи розрахунку міцності бетонних охоронних смуг в шахтних умовах не дотримуються тому, що поверхні бетонної смуги мають нерівності, що сприяє нерівномірному розподілу по ним тиску, на зміцнення бетону в часі впливає температура шахтного середовища і хімічний склад шахтної води, яка використовується для розчину суміші.

2. При розрахунку міцності бетонної охоронної смуги, крім швидкості твердіння бетону в часі, враховано безрозмірні коефіцієнти впливу ризикоутворюючих факторів: структури смуги; нерівностей рельєфу підроблених і надроблених порід, що тиснуть на смугу; хімічної агресивності шахтної води, яка ви-

користовується для розчину суміші; температури шахтного середовища; потужності вугільного пласта, що виймається.

3. Встановлено вагомість впливу на межу міцності бетонної смуги кожного з факторів, що утворюють ризик її руйнування. При цьому враховані діапазони зміни цих факторів. Найбільший вплив (до 33%) здійснює фактор потужності вугільного пласта.

#### Перелік посилань

1. Булат, А. Ф., Ільяшов, М. А., & Усаченко, Б. М. (2004). *Временный технологический регламент по охране подготовительных выработок угольных шахт литыми полосами из твердеющих материалов*. РИА «Днепр-VAL».
2. Булат, А. Ф., Смирнов, А. В., Курносов, С. А., Возиянов, В. С., Цикра, О. А., Задерій, В. В., & Аверкін, Д. І. (2014). *Спосіб охорони підготовчої виробки* (Пат. № 92305 UA, МПК E21D 11/00 (2014.01)).
3. *ДСТУ БВ.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками*. (2010). Мінрегіонбуд України.
4. Кузьменко, А. М., & Петлєваний, М. В. (2017). Разрушение закладочного массива в зависимости от технологии его возведения. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, 52, 159-166.
5. Спицын, Ю. Г. (1975). *Установление критериев оценки устойчивости кровли и разработка классификации кровель по принятым критериям устойчивости: Отчет о НИР (заключительный)*. ДонУГИ.
6. *ДСТУ БВ.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками: Чинний від 2010-09-01*. (2010). Мінрегіонбуд України.
7. Круковский, А. П., Курносов, С. А., & Круковская, В. В. (2016). Определение рациональных параметров породно-анкерных и охранных конструкций на сопряжении лавы с выемочным штреком. *Сучасні технології в машинобудуванні, транспорті та гірництві: Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського*, 4(99), 54-60.
8. Аверкин, Д. И. (2017). *Обоснование параметров способа охраны выемочных штреков бетонной пакетированной полосой* (дис. ... канд. техн. наук: 05.15.02, ИГТМ им. Н.С. Полякова)
9. Курносов, С. А., Осенний, В. Я., & Задерій, В. В. (2015). Исследование влияния способов сооружения бетонных околоштрековых полос на их прочностные и деформационные параметры. *Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. тр. ИГТМ НАН Украины*, 122, 128-139.
10. Сергиенко, В. Н., Кожушок, О. Д., & Прохорец, Л. В. (2008). Комплексные исследования деформационно-прочностных свойств твердеющих материалов для литых полос. *Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. ИГТМ НАН Украины*, 65, 45-51.
11. *НПАОП 10.0-1.01-10: Правила безпеки у вугільних шахтах* (2014). Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду.
12. Stadnichuk, M. M., Krukovskiy, O. P., Kurnosov, S. A., Makeiev, S. Yu., & Semenyuk, M. I. (2022). Calculation of parameters of the protection means for roadway districts in which cement-mineral mixtures are used. *Geo-Technical Mechanics: Journal of Collected Scientific Papers. The M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics*, 163, 151-161.
13. Stadnychuk, M. M., Kurnosov, S. A., & Makeiev, S. Yu. (2023). Justification of the conformity of the quick-setting mixture parameters to the conditions of using safety means for the district workings. *Szkola Eksploatacji Podziemnej 2023: Materiały Konferencyjne (Kraków, 27.02–1.03.2023)*, 632-636.
14. *СОУ 10.1.05411357.010:2014 Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги*. (2014). Мінвуглепром України.



## ABSTRACT

**Purpose.** The substantiation of the compliance of the selected cement-mineral mixture with the mining and geological conditions of the working location when calculating the parameters of cast or packaged walls, considering the intensity of concrete hardening over time, the compliance of the set strength of concrete with the expected load.

**Method.** To substantiate the compliance of the physical and mechanical properties of the pressure mixture on the means of protection of the production from the side of the fake roof of the coal seam, the values of the limit strength of concrete for uniaxial compression, obtained according to standard tests in laboratory conditions, are used. At the same time, concrete samples are subjected to uniaxial compression, the surfaces of which must be smooth and parallel, which does not correspond to the mine conditions for the construction and operation of cast and packaged protective walls.

Quick-hardening liquid mixtures are used in the construction technologies of cast and packaged security walls. For some time, necessary for the hardening of concrete, they are not able to perceive the pressure from the rocks forged by longwall. Therefore, the criterion for evaluating the stability of cast or packaged walls is the correspondence of the rate of growth of the strength limit of the wall to uniaxial compression with the load from the forged roof of the coal seam at the moment of time  $\tau$ .

**Results.** The importance of the impact on the strength limit of the concrete wall of each of the factors that create the risk of its destruction has been established. At the same time, the ranges of change of these factors are considered. The largest influence (up to 33%) is exerted by the coal seam capacity factor  $k_m$ .

**The scientific novelty** of the work consists in the integration of the influence coefficients of the factors that create the risk of destruction of the concrete protective wall: its structure; relief of forged and crushed rocks pressing on the wall; chemical aggressiveness of mine water, which is used to dissolve the mixture; the temperature of the mine environment and the power of the coal seam to obtain a formula for calculating the growth of wall strength over time.

**The practical significance** of the work lies in the improvement of the method of calculating the strength of concrete protective walls over time by considering the factors that form the mine conditions of their construction and operation.

**Keywords:** *re-use of development workings, means of workings protection, quick-setting mixtures, parameters of cast and packaged protective walls, load intensity of protective means.*