

# ЗАСТОСУВАННЯ УКРАЇНСЬКОГО ДОСВІДУ ВИЗНАЧЕННЯ КРОКУ ВСТАНОВЛЕННЯ РАМНОГО КРІПЛЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ДЛЯ ПОЛЬСЬКИХ ШАХТ

*Дичковський Р.О., Саїк П.Б., Лозинський В.Г., Державний ВНЗ «Національний гірничий  
університет», Україна  
Michał Potempa, Concern Geologiczne «GEOBIT», Польща  
Aleksander Chowaniec, Konrad Kokowski, Polska Grupa Górnicza Oddział KWK „Mysłowice  
Wesoła”, Польща*

На основі детального аналізу наявного досвіду встановлення рамного кріплення підготовчих виробок на шахтах України та застосування перевірених методик визначення навантажень на окремі його елементи запропоновано концепцію збільшення кроку інсталяції рамноаркового кріплення на шахтах Польщі. Економічну оцінку запропонованого технологічного удосконалення проведено, ґрунтуючись на відносних одиницях для більш точного відображення мінливого ринку гірничої промисловості. Як удосконалення запропоновано стандартний для український шахт крок встановлення кріплення.

**Вступ.** Забезпечення стабільності роботи гірничодобувних підприємств значно залежить від надійності усіх ланок, що забезпечують усі процеси від видобування корисної копалини до отримання її кінцевим споживачем. Забезпечення необхідного перерізу підготовчих виробок головного та дільничного призначення у технологічному ланцюгу отримання цієї корисної копалини є вкрай важливим. Відповідно, уже на стадії їх проектування необхідно враховувати низку функціональних, економічних та технічних вимог, які максимально враховуватимуть усі прояви гірського тиску та інші навантаження, яким піддаватимуться виробки під час усього терміну експлуатації.

Функціональні вимоги виконуються в результаті об'ємно-планувальних проектних рішень. Дані вимоги саме направлені на забезпечення основних виробничих потреб, для яких служитиме виробка. Вони визначаються, у першу чергу, із урахування максимальних вантажопотоків і відповідно габаритів транспортних засобів, що рухатимуться у межах простору підготовчих виробок.

Економічні вимоги забезпечують найбільш високі експлуатаційні якості виробки при мінімальних капітальних вкладеннях і експлуатаційних затратах під час її функціонування з урахуванням перекріплень чи ремонтів. Метою економічних вимог є дотримання раціональних фінансових затрат від введення підготовчої виробки у виробництво до завершення терміну експлуатації.

Комплекс технічних вимог включають відповідне виконання елементів кріплення, які при поєднанні у єдину систему повинні забезпечити на всій протяжності виробки її стійкість, довговічність, обмеження за деформаціями тощо. Технічні параметри вибираються адаптовано гірничо-геологічним умовам гірського масиву, в якому вона проводитиметься та експлуатуватиметься.

Основним технологічним параметром, що визначається при встановленні арочного кріплення, є відстань між рамами аркового кріплення (крок встановлення). Саме його ущільнення або розрідження є основним елементом, який є у наявності наукового персоналу та технічних працівників на шахтах для створення відповідної несучої здатності усієї системи. Відповідно, для визначення цього параметру необхідно встановити очікуване навантаження на кріплення і встановити його опір. У реальних умовах шахти нині застосовують стандартний ряд кроку встановлення кріплення. Причому, в умовах українського гірництва, де застосовуються виробки меншого перерізу також і нижчі навантаження приходять на елементи підготовчого кріплення. Автори використовують саме стандартні значення кроку встановлення кріплення в українських шахтах і проводять обґрунтування можливості його застосування для польських шахт.

**Нааявний досвід та вихідні дані для розрахунку.** Крок встановлення кріплення визначають на підставі розрахунку очікуваних зміщень порід покрівлі у відповідний період проведення гірничих виробок з врахуванням нормативної характеристики конструкції, піддатливості та несучої здатності кріплення. Мінімально необхідну кількість рам за весь термін служби виробки визначають, виходячи з максимальної ваги порід над виробкою.

Як вихідні дані прийнято усередненні значення параметри, що характеризують гірничотехнічну ситуацію однієї з шахт Польщі:

- площа поперечного перерізу виробки у просвіті  $S_{ce} = 17,6 \text{ м}^2$ ;
- кріплення металеве аркове - LP 3 – елементне (згідно польської специфікації);
- тип спецпрофілю кріплення – LP10/V21/A (згідно польської специфікації);
- ширина виробки у просвіті –  $S = 5500 \text{ мм} = 5,5 \text{ м}$ ;
- висота виробки у просвіті та чорні –  $W = 3800 \text{ мм} = 3,8 \text{ м}$ ,  $W_{ch}=4220 \text{ мм}=4,22 \text{ м}$ ;
- крок встановлення кріплення  $n = 0,8 \text{ рами/м}$ ;
- середня щільність порід покрівлі та підосви –  $2,6 \text{ т/м}^3$ ;
- покрівля вугільного пласта (по мірі віддалення від вугільного пласта): аргіліт –  $h_1 = 2,5 \text{ м}$ ,  $R_1 = 30 \text{ МПа}$ ; алевроліт –  $h_2 = 5,0 \text{ м}$ ,  $R_2 = 50 \text{ МПа}$ ; алевроліт –  $h_3 = 4,0 \text{ м}$ ,  $R_3 = 40 \text{ МПа}$ ; пісковик –  $h_4 = 2,5 \text{ м}$ ,  $R_4 = 100 \text{ МПа}$ ;
- підосва вугільного пласта (по мірі віддалення від вугільного пласта): пісковик –  $h_5 = 3,0 \text{ м}$ ,  $R_5 = 90 \text{ МПа}$ ; алевроліт –  $h_6 = 5,0 \text{ м}$ ,  $R_6 = 70 \text{ МПа}$ ; алевроліт –  $h_7 = 2,0 \text{ м}$ ,  $R_7 = 60 \text{ МПа}$ .

Оскільки типізація підготовчого кріплення, що використовується на польських шахтах, відрізняється від українського кріплення, автори наводять усі типи трьох (табл. 1) та чотирьох (табл. 2) елементного цього кріплення [1-3]. Також для економічної оцінки ми використовуємо відносні величини, за основу яких береться кількість зекономлених окремих елементів рамноаркового кріплення.

Таблиця 1 – Технічні характеристики кріплення LP 3-елементна

Позначення кріплення	Велич.	F	S	W	c	Маса компл.	верхняк				ніжка				
		[м <sup>2</sup> ]	[мм]				[кг]	R <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>t1</sub>	z	Маса	R <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>t2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Тип кріплення V21</b>															
LP1/V21/A	1	5,5	2500	2500	350 ± 18	152	1575	2370	2288	1060	50	1175	2480	2080	52
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LP6/V21/A	6	9,6	3700	3000	450 ± 23	191	2075	2620	2706	990	59	1800	3470	2985	73
LP7/V21/A	7	11,1	4200	3100	500 ± 25	203	2325	3075	2928	840	65	2025	3535	3124	74
LP8/V21/A	8	13,1	4700	3300	550 ± 28	220	2575	3240	3089	790	68	2275	3995	3523	84
LP9/V21/A	9	14,8	5000	3500	600 ± 30	234	2700	3525	3346	850	74	2425	4095	3645	86
LP10/V21/A	10	17,5	5500	3800	600 ± 30	253	3025	3550	3405	870	75	2675	4925	4283	103
<b>Тип кріплення V25</b>															
LP1/V25/A	1	5,5	2500	2500	350 ± 18	181	1575	2385	2301	1060	60	1175	2470	2078	62
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
LP6/V25/A	6	9,6	3700	3000	450 ± 23	228	2075	2925	2793	990	73	1775	3275	2857	82
LP7/V25/A	7	11	4200	3100	450 ± 23	240	2350	3120	2965	810	78	2000	3345	2989	84
LP8/V25/A	8	13,1	4700	3300	500 ± 25	260	2625	3205	3062	760	80	2250	3970	3499	99
LP9/V25/A	9	14,8	5000	3500	550 ± 28	276	2750	3490	3321	820	87	2400	4070	3621	102
LP10/V25/A	10	17,5	5500	3800	550 ± 28	298	3075	3540	3398	830	89	2650	4845	4225	121
<b>Тип кріплення V29</b>															
LP6/V29/A	6	9,6	3700	3000	450 ± 23	263	2075	2690	2765	990	84	1775	3275	2858	95
LP7/V29/A	7	11,1	4200	3100	500 ± 25	278	2300	3115	2958	840	90	2025	3345	2998	97
LP8/V29/A	8	13,1	4700	3300	500 ± 25	302	2625	3225	3079	760	94	2250	3970	3500	115
LP9/V29/A	9	14,8	5000	3500	550 ± 28	320	2750	3490	3321	820	101	2400	4070	3622	118
LP10/V29/A	10	17,6	5500	3800	550 ± 28	346	3075	3540	3398	830	103	2650	4845	4226	141
<b>Тип кріплення V32</b>															
LP7/V32/A	7	11,2	4200	3100	500 ± 25	312	2300	3120	2963	840	100	2030	3480	3095	112
LP8/V32/A	8	13,2	4700	3300	500 ± 25	333	2610	3225	3077	750	13	2260	3940	3487	126
LP9/V32/A	9	14,9	5000	3500	550 ± 28	354	2760	3490	3323	820	112	2400	4080	3631	131
LP10/V32/A	10	17,8	5500	3800	600 ± 30	383	3075	3545	3406	870	114	2655	4855	4237	156

Таблиця 2 – Технічні характеристики кріплення LP 4-елементна

Позначення кріплення	Велич.	F	S	W	с	Маса компл. [кг]	верхняк					ніжка				
		[м <sup>2</sup> ]	[мм]				[мм]					[мм]			[кг]	
								R <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	Lt2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
<b>Тип кріплення V25</b>																
LP11/V25/4/A	11	19,8	5800	4025	600 ± 30	332	3250	3320	3225	930	83	2850	3320	3142,7	83	
LP12/V25/4/A	12	21,8	6100	4225	600 ± 30	346	3450	3460	3364	960	87	3000	3460	3278,5	87	
LP13/V25/4/A	13	24	6400	4425	600 ± 30	361	3650	3605	3507	990	90	3150	3605	3418,4	90	
<b>Тип кріплення V29</b>																
LP9/V29/4/A	9	14,9	5000	3500	600 ± 30	342	2750	2950	2860	850	86	2475	2950	2786,6	86	
LP10/V29/4/A	10	11,7	5500	3800	600 ± 30	368	3075	3170	3077	870	92	2700	3170	2998,9	92	
LP11/V29/4/A	11	19,8	5800	4025	600 ± 30	385	3250	3320	3225	930	96	2850	3320	3143,1	96	
LP12/V29/4/A	12	21,9	6100	4225	600 ± 30	402	3450	3465	3369	960	100	3000	3465	3283,1	100	
LP13/V29/4/A	13	24	6400	4425	600 ± 30	418	3650	3605	3507	990	105	3150	3605	3418,7	105	
LP14/V29/4/A	14	25,6	6700	4550	600 ± 30	430	3825	3705	3603	940	107	3275	3705	3517,6	107	
LP15/V29/4/A	15	27,6	7000	4700	600 ± 30	444	4025	3825	3721	920	111	3400	3825	3633,4	111	
LP16/V29/4/A	16	29,6	7200	4900	600 ± 30	458	4150	3950	3845	1010	115	3500	3950	3750,7	115	
LP17/V29/4/A	17	32,2	7500	5110	600 ± 30	475	4350	4095	3988	1040	119	3650	4095	3890,5	119	
LP18/V29/4/A	18	34,8	7800	5325	600 ± 30	492	4550	4245	4136	1080	123	3775	4245	4031,8	123	
LP19/V29/4/A	19	36,6	8000	5465	600 ± 30	503	4675	4340	4230	1110	126	3875	4340	4123,6	126	
<b>Тип кріплення V32</b>																
LP7/V32/4/A	7	11,2	4200	3100	500 ± 25	329	2375	2565	2495	840	82	2075	2565	2404,3	82	
LP8/V32/4/A	8	13,2	4700	3300	500 ± 25	351	2825	2735	2658	750	88	2300	2735	2576,7	88	
LP9/V32/4/A	9	14,9	5000	3500	550 ± 28	374	3075	2915	2831	820	93	2475	2915	2749,4	93	
LP10/V32/4/A	10	17,8	5500	3800	600 ± 30	407	3275	3175	3082	870	102	2725	3175	2998,4	102	
LP11/V32/4/A	11	19,8	5800	4025	600 ± 30	427	3425	3330	3235	920	107	2850	3330	3143,8	107	
LP12/V32/4/A	12	21,8	6100	4225	600 ± 30	445	3625	3470	3372	960	111	3000	3470	3279,8	111	
LP13/V32/4/A	13	24	6400	4425	600 ± 30	463	3625	3610	3511	990	116	3150	3610	3415,7	116	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
LP19/V32/4/A	19	36,7	8000	5465	600 ± 30	558	4700	4350	4240	1100	139	3875	4350	4125,2	139	
<b>Тип кріплення V36</b>																
LP7/V36/4/A	7	11,2	4200	3100	500 ± 25	368	2375	2665	2495	840	92	2075	2665	2414,7	92	
LP8/V36/4/A	8	13,2	4700	3300	500 ± 25	393	2700	2735	2658	750	98	2300	2735	2585,6	98	
LP9/V36/4/A	9	14,9	5000	3500	550 ± 28	419	2825	2915	2831	820	105	2475	2915	2758,1	105	
LP10/V36/4/A	10	17,8	5500	3800	600 ± 30	458	3075	3175	3082	870	114	2725	3175	3006,9	114	
LP11/V36/4/A	11	19,8	5800	4025	600 ± 30	478	3275	3330	3235	920	120	2850	3330	3152,3	120	
LP12/V36/4/A	12	21,8	6100	4225	600 ± 30	498	3425	3470	3372	960	125	3000	3470	3288,1	125	
LP13/V36/4/A	13	24	6400	4425	600 ± 30	518	3625	3610	3511	990	130	3150	3610	3423,8	130	
LP14/V36/4/A	14	25,7	6700	4550	600 ± 30	533	3825	3715	3613	940	133	3425	3715	3542,5	133	
LP15/V36/4/A	15	27,6	7000	4700	600 ± 30	550	4000	3830	3724	920	137	3500	3830	3648,9	137	
LP16/V36/4/A	16	29,6	7200	4900	600 ± 30	568	4150	3955	3850	1000	142	3650	3955	3771,2	142	
LP17/V36/4/A	17	32,1	7500	5110	600 ± 30	589	4350	4100	3993	1040	147	3775	4100	3908,4	147	
LP18/V36/4/A	18	34,8	7800	5325	600 ± 30	610	4550	4250	4141	1080	153	3875	4250	4047,3	153	

Методика розрахунку навантаження на окремі елементи та кроку встановлення кріплення LP 3-елементної та LP 4-елементної. Для встановлення цих параметрів використаємо методику встановлення навантаження на кріплення, виходячи із визначення відповідних параметрів на основі прийнятих вихідних даних [4, 5, 6]. Причому за основу розрахунку приймемо допущення, що наші виробки знаходяться в зонах стабільної геодинамічної активності поза зоною впливу геологічних порушень, підвищеного тиску чи впливу інших виробок.

Визначаємо ширину виробки в проходці  $B_{np}$

$$B_{np} = 1,1B + B_{\partial} = 6,38\text{ м}$$

де  $B$  – ширина виробки у простві з урахуванням профілю кріплення і затяжки, м;

$B_{\partial}$  – додаткова ширина залежно від технології проведення виробки, м:  $B_{\partial} = 0$  у разі тампонажу простору за кріпленням,  $B_{\partial} \leq 0,4$  м у разі проведення підготовчої виробки у масиві вугілля або порід (дорівнює подвійному перебору порід, технологічно дозволена величина

перебору порід 0,2 м),  $B_0$  дорівнює сумі відстаней від кріплення до засобів охорони з обох боків виробки у разі проведення підготовчих виробок за очисним вибоєм.

Визначаємо коефіцієнт впливу геометричних розмірів виробки  $k_s$ .

$$k_s = 0,2(B_{np} - 1) = 1,1$$

Визначаємо значення коефіцієнтів впливу шарів порід на визначувану міцність по мірі віддалення від середини виробки (табл. 3):

$$k_i = \exp(-a(l_i - \frac{h}{2}))$$

де  $a$  – емпіричний коефіцієнт (0,5);

$l_i$  – відстань від середини виробки в світлі до середини визначеного шару порід покрівлі, м;

$h$  – висота виробки у чорні, м.

Таблиця 3 – Значення коефіцієнта впливу шарів породи по мірі віддалення від середини виробки

$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$
1,2	0,18	0,02	0,004	1,06	0,14	0,09

Встановлюємо середню міцність порід покрівлі  $R_{нк}$  та підшви  $R_n$  (табл. 4).

$$R_{нк(n)} = \frac{R_1 h_1 k_1 + R_2 h_2 k_2 + \dots + R_i h_i k_i}{h_1 k_1 + h_2 k_2 + \dots + h_i k_i}$$

де  $R_1, R_2 \dots R_i$  – значення міцності окремих порід, МПа;

$h_1, h_2 \dots h_i$  – товщина шарів порід, м;

Таблиця 4 – Значення середньої міцності порід покрівлі та підшви

$R_{нк}, \text{МПа}$	$R_n, \text{МПа}$
34,89	85,22

Визначаємо середню міцність порід  $R$

$$R = \frac{R_{нк} + R_n}{2} = 60 \text{ МПа}$$

Встановлюємо коефіцієнт впливу стійкості гірських порід  $k_y$ .

$$k_y = 1,64 - 0,016R = 0,68$$

Визначаємо коефіцієнт, що характеризує частку зміщень покрівлі у загальних зміщеннях покрівлі та підшви

$$k_{нк} = \frac{R_n k_n}{(R_n + R_{нк})} = 0,3$$

де  $k_n$  – коефіцієнт впливу глибини розробки

$$k_n = 1,2 - 0,0004H = 1,03$$

Визначаємо величину зміщення порід у покрівлі та підшви виробки

$$U = 1,5Hk_s k_y = 471 \text{ мм}$$

Визначаємо зміщення порід покрівлі

$$U_{нк} = Uk_{нк} = 141 \text{ мм}$$

Встановлюємо висоту склепіння природньої рівноваги порід, що розшарувалися

$$h_c = \frac{U_{нк}}{a} = 0,28 \text{ м}$$

При значеннях  $\frac{U_{нк}}{a} < 0,2B_{np}$  приймаємо  $h_c = 0,2 B_{np} = 1,3 \text{ м}$

Для встановлення маси порід, що формують навантаження на 1 погонний метр кріплення виробки, застосуємо відомі постулати, які формуються виходячи із склепіння природньої рівноваги (рис.1)

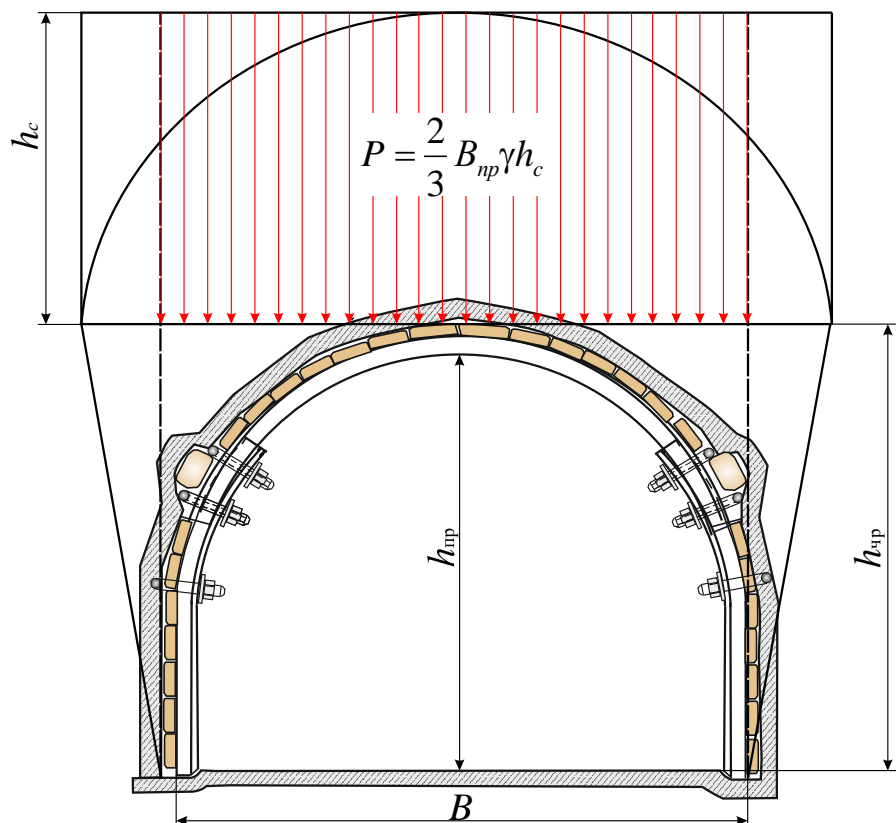


Рис. 1 – Розрахункова схема щодо визначення навантаження на 1 п.м виробки

Виходячи із наведеного рисунка навантаження по довжині підготовчої виробки при заданих вихідних даних складуть:

$$P = \frac{2}{3} B_{np} \gamma h_c = 143,8 \text{ кН / м}$$

З урахуванням можливих неврахованих динамічних проявів гірського масиву дана величина складе:

$$P_0 = Pk_0 = 345 \text{ кН / м}$$

де  $k_0$  – значення коефіцієнта динамічності.

Встановлення необхідної кількості рам на 1 п.м виробки визначається виходчи із порівняння навантажень від бічних порід із несучою здатністю комплекту рамноаркового кріплення:

$$n = \frac{P_o}{P_{кр}} = 0,78 = 1,11 \text{рами/ м} = 1,0 \text{рами/ м}$$

де  $P_{кр}$  – робочий опір кріплення, (310 кН).

Виходячи із практики застосування кріплення та його розстановки в даних гірничо-геологічних умовах крок встановлення кріплення складає 0,8 *рами/м*. При цьому, несуча здатність цього рамноаркового кріплення, згідно до вихідних даних, складає 485 кН. Відповідно, враховуючи коефіцієнт запасу стійкості роботи системи, згідно до проведених аналітичних викладок та проведених розрахунків, для даних гірничо-геологічних умов, крок встановлення комплектів кріплення може змінюватись в межах від 0,8 до 1,0 *рами/м* без втрати стійкості виробки.

**Економічна оцінка застосування запропонованих заходів.** Визначення економічних параметрів проводимо виходячи із необхідної кількості та фінансових затрат, пов'язаних із встановленням усіх елементів кріплення на 100 м виробки. Для кріплення підготовчих виробок застосовують металеві піддатливі кріплення, у нашому випадку ŁP10/V21/A. Металеві рами виготовлені із спеціального профілю (верхняки та ніжки). Ланки серійних кріплень з'єднують внапуск (довжина напуску 400 мм) за допомогою болтових замків (переважно це замки типу ЗПК). Даний замок складається із планки, зігнутої по зовнішньому контуру перерізу кріплення, скоби і двох гайок, З'єднання верхняка із ніжками виконують за допомогою двох замків, розташованих на відстані 50 мм від кінців напуску.

Рами кріплення з'єднують між собою стяжками. Комплект стяжки містить кутик з висічками для упирання в ланки кріплення на обох кінцях, скобу з планкою та гайками для закріплення кутика на спецпрофілю кріплення.

Основними статтями, що визначають необхідні затрати на закріплення 100 м виробки є: кількість комплектів кріплення підготовчої виробки, замків ЗПК та стяжок кріплення. Для уніфікації встановлення економічних параметрів приймемо припущення, що рама кріплення (верхняк із ніжками) коштує у грошовому відтворенні  $Y$  умовних одиниць, система болтового з'єднання (замок) –  $X$  умовних одиниць, стяжок із замками для їх установаження –  $V$  умовних одиниць. Отримані значення оцінки економічної ефективності запропонованих технологічних рішень заносимо до табл. 5.

Таблиця 5 – Економічна оцінка запропонованих технологічних рішень

Назва параметру	Елементи кріплення ŁP (верхняк, ніжки)	Системи з'єднання (замок)	стяжок із замками для їх установаження
Вартість, умовні одиниці	Y	X	V
Крок встановлення 0,8 м			
Кількість, шт	125	250	100
Загальна вартість, ум. од.	125Y	250X	100V
Крок встановлення 0,9 м			
Кількість, шт	111	222	100
Загальна вартість, ум. од.	111Y	222X	100V
Крок встановлення 1,0 м			
Кількість, шт	100	200	100
Загальна вартість, ум. од.	100Y	200X	100V

**Висновки.** У результаті проведених досліджень зміни кроку встановлення рам кріплення підготовчих виробок можна зробити наступні заключення:

- у розглянутих гірничо-геологічних умовах, у зонах стабільної геодинамічної активності, згідно до проведених обчислень зміна згаданого параметру встановлення елементів підготовчого кріплення показує, що збільшення навантаження окремих комплектів кріплення не перевищує 10%. Це вказує на доцільність внесення таких змін при кріпленню підготовчих виробок, як головного, так і дільничного призначення.

- техніко-технологічне виконання такого удосконалення не потребує значних фінансових капіталовкладень оскільки не відбувається конструктивна зміна елементів використаного рамноаркового кріплення ŁP10/V21/A (верхняк, ніжки, замки з'єднання), а лише вимагає збільшення довжини стязок, що встановлюються між окремими комплектами кріплення (табл. 5). Аналогічна ситуація спостерігається при застосуванні також інших типів трьох- чи чотирьохелементного рамноаркового кріплення, що нині застосовується польськими гірничодобувними підприємствами (табл. 1, 2).

- при зміні кроку встановлення рамноаркового кріплення з 0,8 шт/м на 0,9 шт/м отримаємо економію біля 15 комплектів кріплення ŁP; при зміні цього параметра з 0,8 шт/м на 1,0 шт/м отримаємо економію 25 комплектів кріплення ŁP.

Вище наведені умовиводи показують на техніко-технологічну та економічну доцільність запровадження запропонованих змін кроку встановлення кріплення головних та дільничних підготовчих виробок з 0,8 шт/м на 0,9 шт/м та 0,8 шт/м на 1,0 шт/м. Проведені розрахунки показують, що комплекти кріплення мають відповідний запас стійкості, який дає можливість протистояти навантаженням від бічних порід та не деформуватися під час усього строку служби виробки.

#### Література

1. Konopa, W., Sawka, B. (1987). Nośność i wytrzymałość odrzwi łukowej obudowy chodnikowej ŁP-V jako funkcja ich wielkości. *Prace Głównego Instytutu Górnictwa*. (742). 281 с.
2. Rotkegel, Marek. (2013). Odrwia obudowy ŁPw – projektowanie i wyniki badań. *Journal of Sustainable Mining*. (12/1). 34-40.
3. Obudowa ŁP górnicza odrzwia, obudowa łukowa podatna ŁP. *KWK Jankowice*: електронний ресурс: <http://www.kopalnia-jankowice.ugu.pl/obudowa-lp-podatna.php>
4. Дичковський, Р.О. (2010). Високомеханізоване виймання тонких вугільних пластів в зонах структурних змін гірського масиву Львівсько-Волинського басейну. *Д.: Національний гірничий університет*. 104.  
<https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-article-BSL9-0046-0013/content/partDownload/9cb800de-51d1-3179-891e-4fe63214435f>
5. Дичковський, Р.О., Тимошенко, Є.В. (2009). До питання визначення навантажень на кріплення механізованого комплексу при високих швидкостях посування очисного вибою. *Геотехническая механика*. (81). 67-74.  
<http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/32829/10-Dychkovskyy.pdf>
6. СОУ 10.1.00185790.011:2007. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони. *Мін-во вугільної промисловості України; ДонВУГІ, УкрНДІпроект. – К.: Мінвуглепром України, 2007. – 116 с.*