

## **ШАХТНІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ СЕКЦІЙ МЕХАНІЗОВАНОГО КРІПЛЕННЯ ВИХОДЯЧИ З КОЕФІЦІЄНТА ЛІТОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ**

Приведены результаты формирования имитационных моделей отображения литологической разницы породугольного массива при помощи новых математических подходов и современных информационных пакетов. Исходя из численных значений коэффициента литологической разницы предложен механизм определения силовых параметров механизированной крепи.

Наведено результати формування імітаційних моделей відображення літологічної різниці породовугільного масиву за допомогою нових математичних підходів та сучасних інформаційних пакетів. Виходячи із числових значень коефіцієнта літологічної будови запропоновано механізм встановлення силових параметрів механізованого кріплення.

The results of simulation systems forming of the rock-mass using the new mathematical approaches and modern information programs are presented. According to the coefficient of lithological difference data is proposed the technology of the loadings determination on mechanized support.

**Вступ.** Зміни в енергетичному секторі нашої держави у довгостроковій перспективі свого розвитку мають виходити із об'єктивних реалій національної паливно-сировинної бази. Обмеженість запасів нафти й газу, а також необхідність збільшення обсягів їх імпорту невідворотно ведуть до збільшення їх вартості на ринку України. Ціна на газ лише за останніх 15 років зросла із 50 \$/1000 м<sup>3</sup> до 250 \$/1000 м<sup>3</sup> і, за прогнозами, найближчим часом цей показник може подвоїтися, а вартість видобування нафти може зрости до 383,16 \$/т. Вичерпання запасів цих паливних призведе до суттєвого дефіциту енергетичної сировини на паливному ринку уже у найближчі 10 – 15 років. Виконані дослідження й експертні оцінки показують, що у цей період собівартість виробництва 1 т бензину із нафти та вугілля фактично буде однаковою [1]. Відповідно, для енергетичного сектору нашої держави вугілля залишатиметься основною сировиною серед невідновлюваних джерел.

В енергетиці пріоритетними чинниками є безпека, конкурентоспроможність й економічна доцільність отримання енергетичної сировини. За умови застосування сучасних технологій вугілля повинно стати головним джерелом отримання енергії в Україні [2]. Дана паливна сировина є гарантом енергетичної незалежності нашої держави та стабільним чинником розвитку економіки. Його частка в еквівалентному паливі складає 95,4 %. Для порівняння, частка нафти трохи перевищує 2 %, а природного газу знаходиться на рівні 2,6 % [3].

Тому розробка збільшення обсягів видобутку вугілля, що передбачає удосконалення технології та впровадження техніки нового технічного рівня, є вкрай важливою проблемою, вирішення якої є своєчасною та необхідною. Це дає можливість ефективного ведення гірничих робіт і керування гірським тиском.

У зв'язку зі складною політичною ситуацією, слід особливу увагу приділити західному регіону нашої держави. Тут ведуть видобування вугілля дві

компанії: ДП «Львіввугілля» та ДП «Волиньвугілля». До урахування слід прийняти усі негативні явища, що впливатимуть на обґрунтування параметрів відпрацювання запасів шахтами цих державних підприємств. Особливо це стосується зон підвищеного гірського тиску природного та техногенного походження, що є характерним для відпрацювання запасів у зонах слабометаморфізованих гірських порід.

До вирішення поставлених завдань спонукає також зношеність парку механізованих комплексів регіону та суттєва відпрацьованість запасів вугільних пластів. Ця робота неможлива без урахування впливу різного роду динамічних явищ, вивчення причин і наслідків формування напружено-деформованого стану, всебічного аналізу існуючих технологічних рішень на шахтах України та за кордоном.

**Мета статті.** Встановити закономірності зміни напружено-деформованого стану гірського масиву, а також силові параметри механізованого кріплення виходячи із гірничо-геологічних умов виємкового стовпа для ефективного його відпрацювання.

**Основна частина.** Для реалізації поставленої мети на прикладі лави № 309 пласта  $n^7_6$  шахти «Зарічна» ДП «Львіввугілля» пропонується створення відповідної імітаційної моделі, що характеризує геометричні параметри та фізичні властивості гірського масиву. Прогнозування техніко-технологічної ситуації виємкового стовпа цієї лави пропонується виконувати через встановлений коефіцієнт літологічної будови [4] на підставі аналізу геоструктурних змін надвугільної товщі.

*Аналіз гірничо-геологічних умов.* На ділянці лави № 309 пласт  $n^7_6$  простої будови, витриманий за потужністю, геологічна потужність – 0,7 м, виймана – 1 м, середня – 0,71 м. Вугілля пласта відноситься до марки Ж, міцність – 1,5. Вугілля гумусове, чорне, кларено-дюренове з включеннями фюзена, тріщинувате, слабке та легке. Контакти вугільного пласта з вміщуючими породами чіткі, рівні. Вугільний пласт не схильний до самозаймання, небезпечний за вибухами пилу.

Безпосередня покрівля пласта за низкою розвідувальних свердловин поверхневого буріння представлена глинистим сланцем, темно-сірого кольору, середньої міцності та стійкості, потужністю 1,64 – 3,75 м. Основна покрівля пласта – алевроліт сірий, горизонтально-шаруватий, щільний, слюдистий. Потужність до 5,5 м.

Крок обвалення безпосередньої покрівлі: первинний ( $l_{b0}$ ) – 1,5 м;  
наступний ( $l_{bi}$ ) – 0,6 м.

Крок обвалення основної покрівлі: первинний ( $l_{k0}$ ) – 15 – 20 м;  
наступний ( $l_{ki}$ ) – 8 – 12 м.

Безпосередня підощва представлена алевролітом, у верхній частині типу «кучерявчик» середньої міцності та стійкості (П2), при зволоженні має властивість до піднімання. Потужність 0,5 – 4,7 м. Нижче залягає пісковик.

Нижня частина безпосередньої покрівлі представлена сланцем вуглисто-глинистим, що обвалюється при вийманні вугілля. В місцях тектонічних порушень шар вуглисто-глинистого сланцю може досягти до 1 м. По верхньому контакту глинистого сланцю та вуглисто-глинистого сланцю спостерігаються дзеркала ковзання. Глинистий сланець безпосередньої покрівлі – тріщинуватий.

Підошва пласта представлена піщаним сланцем, який іноді перешаровується з пісковиком. Алевроліт темно-сірий, у верхній частині грудкуватої текстури типу «кучерявчик» з залишками обвугленої флори. Нижче по розрізу шаруватий, слюдистий. Потужність пласта до 5,65 м.

У тектонічному відношенні ділянка лави № 309 характеризується середньою складністю. Інтенсивність тріщинуватості порід безпосередньої покрівлі становить 4 – 7 тр/м, простягання тріщин приурочене до двох систем: північно-східного (основного) і північно-західного напрямку.

*Засоби механізації гірничих робіт.* Для механізації очисних робіт прийнято механізований комплекс 1КД90 із секціями комплексу 1КД80 із комбайном 1К101. Транспортування відбитого вугілля від масиву здійснюється скребковим конвеєром СП253. Для подачі робочої рідини у систему та її підтримки у робочому тиску емульсії використовується маслостанція СНТ32.

Виїмковий стовп лави № 309 шахти «Зарічна» оконтурений 309 конвеєрним та 9 бортовими штреками. Викопіювання із плану лави № 309 шахти «Зарічна» ДП «Львіввугілля» зображено на рис. 1.

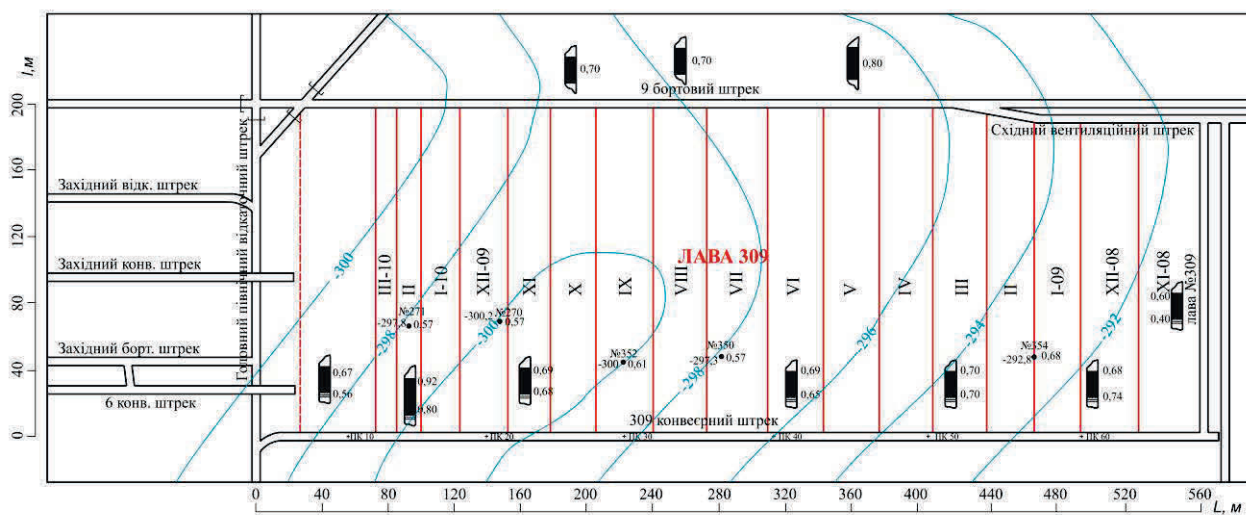


Рис. 1. Викопіювання із плану гірничих робіт 309 лави шахти «Зарічна» ДП «Львіввугілля»

*Імітаційна система відображення літологічної будови.* Аналіз міцнісних характеристик літологічної будови порід покрівлі показує, що безпосередня покрівля складає шар достатньо нестійких порід, які обвалюватимуться вслід за посуванням очисного вибою. Виходячи із встановлених деформаційних характеристик гірських порід [4] алевроліт, що представляє основну покрівлю, змінює межу міцності на одновісне стиснення у межах 22,2 – 29,1 МПа. Над осно-

вною покрівлею залягає шар «слабких» глиняних сланців (аргілітів) із межею міцності на одновісне стиснення у межах від характеристики 21,0 – 23,4 МПа. Оскільки деформаційні характеристики даного шару порід порівняні з породами основної покрівлі, то даний шар деформуватиметься разом із основною покрівлею. Його потужність змінюється від 3,2 м на пікеті ПК 0+5 до виклинювання на ПК 30+6. Відповідно, при максимальних значеннях потужності крок обвалення досягатиме 10 – 15 м. Даний шар порід може нависати чи повністю обвалюватися при різних швидкостях очисного вибою. В останньому випадку така ситуація формуватиме зону підвищеного гірського тиску та становитиме значне привантаження секцій механізованого комплексу.

Над даними породами залягає шар жорсткості з перешаруванням порід пісковика й аргіліту. Крок обвалення цих порід перевищує 50 м. Причому деформації даного шару носитимуть пружно-пластичний характер і практично не привантажуватимуть механізоване кріплення очисного вибою.

Проблемну ділянку виїмкового стовпа становитиме відстань від ПК 0+3 до ПК10+7, де можливе розшарування цих порід створенням додаткового привантаження секцій механізованого кріплення.

Аналіз літологічної різниці показує, що на ділянці виїмкового стовпа ПК 0 – ПК 30+6 забезпечується наступною нерівністю:

$$R_{cm1} < R_{cm2} < R_{cm3} > R_{cm4} < R_{cm5},$$

де  $R_{cm1}$  – межа міцності на одновісне стиснення вугільного пласта  $n^7_в$ ;

$R_{cm2}$  – межа міцності на одновісне стиснення безпосередньої покрівлі;

$R_{cm3}$  – межа міцності на одновісне стиснення основної покрівлі;

$R_{cm4}$  – межа міцності на одновісне стиснення породного прошарку аргілітів;

$R_{cm5}$  – межа міцності на одновісне стиснення пісковика.

Основні навантаження на кріплення механізованого комплексу будуть відбуватися саме на основі переміщень основної покрівлі у вигляді алевроліту із привантаженими породами аргілітів. Співвідношення потужності надвугільної товщі до вийманої потужності вугільного пласта  $n^7_в$ , що береться до розрахунку навантажень на секції, складає 3,3 – 5,3. Така умова відповідає прийнятним нормам визначення необхідних силових параметрів механізованого кріплення.

Для імітаційного відображення особливостей літологічної та структурної будови гірських порід були накладені об'ємні Декартові координати відповідно у горизонтальній площині: довжина виїмкового стовпа і довжина лави, у вертикальній – літологічна будова вуглевмісної товщі порід. Для задавання особливостей будови вуглевмісної товщі за літологічною будовою були використані системи числового відтворення (табл. 1 і 2) та комп'ютерне забезпечення обробки даних у системі таблиць Exell – 2003 та OriginPro 8.5.1. Дані програмні продукти також використовувалися для встановлення числових значень отриманих площ шарів літологічної будови.

Складність будови вимагає досить суттєвої варіації даних, тому для відображення ліній контакту за окремими дільничними штреками були використані поліноми 6-го порядку.

У результаті апроксимації були отримані наступні математичні залежності для відображення ліній літологічної різниці 9 бортового штреку:

1.  $y_1 = 0,12211 - 6,34E - 0,4x + 6,27E - 0,5x^2 - 2,65E - 0,7x^3 + 1,13E - 9x^4 - 2,81E - 12x^5 + 2,39E - 15x^6$ , достовірність  $R^2 = 0,9928$ ;
2.  $y_2 = 0,80158 + 0,00421x - 1,95E - 0,5x^2 - 1,16E - 0,7x^3 + 8,81E - 10x^4 - 2,61E - 12x^5 - 2,32E - 15x^6$ , достовірність  $R^2 = 0,9935$ ;
3.  $y_3 = 0,57513 + 0,0489x - 4,02E - 0,4x^2 + 1,33E - 0,6x^3 - 9,93E - 10x^4 - 2,37E - 12x^5 + 3,12E - 15x^6$ , достовірність  $R^2 = 0,9861$ ;
4.  $y_4 = 4,19105 - 0,03021x + 8,50E - 0,4x^2 - 6,44E - 0,6x^3 + 2,24E - 0,3x^4 - 3,59E - 11x^5 + 2,15E - 14x^6$ , достовірність  $R^2 = 0,9717$ ;
5.  $y_5 = 5,17867 - 0,00933x + 7,52E - 0,5x^2 + 4,63E - 0,4x^3 + 1,10E - 0,8x^4 - 1,62E - 11x^5 + 8,80E - 15x^6$ , достовірність  $R^2 = 0,9745$ .

Для відображення ліній літологічної різниці 309 конвеєрного штреку:

1.  $y_1 = 2,28833 - 0,08444x + 0,00131x^2 - 8,86E - 0,6x^3 + 2,93E - 0,8x^4 - 4,61E - 11x^5 + 2,74E - 14x^6$ , достовірність  $R^2 = 0,9941$ ;
2.  $y_2 = 2,94141 - 0,07629x + 0,00121x^2 - 8,32E - 0,6x^3 + 2,8E - 0,8x^4 - 4,47E - 11x^5 + 2,68E - 14x^6$ , достовірність  $R^2 = 0,9815$ ;
3.  $y_3 = 2,71477 - 0,02301x + 5,64E - 0,4x^2 - 5,01E - 0,6x^3 + 1,95E - 8x^4 - 3,37E - 11x^5 + 2,13E - 14x^6$ , достовірність  $R^2 = 0,9932$ ;
4.  $y_4 = 5,97342 - 0,1097x + 0,00205x^2 - 1,46E - 0,5x^3 + 4,93E - 0,8x^4 - 7,76E - 11x^5 + 4,59E - 14x^6$ , достовірність  $R^2 = 0,9842$ ;
5.  $y_5 = 7,38545 - 0,02667x + 4,84E - 0,4x^2 - 3,65E - 0,6x^3 + 1,29E - 0,8x^4 - 2,07E - 11x^5 + 1,22E - 14x^6$ , достовірність  $R^2 = 0,9854$ .

Величина « $x$ » показує апроксимацію лінії контакту за довжиною виїмкового стовпа, числова значення – коефіцієнт, що враховує особливості геологічної будови відповідно 9 бортового та 309 конвеєрного штреків.

Візуальне відображення ліній контакту літологічної будови гірського масиву 309 лави за перерізами 9 бортового та 309 конвеєрного штреків наведено на рис. 2.

Площа окремих шарів літологічної різниці в межах виїмкового стовпа 309 лави може бути визначено за наступними математичними виразами:

$$\begin{array}{ll}
 P_1 = \int_0^{560} f(y_2 - y_1) dx & P_1 = \int_0^{560} f(y_2 - y_1) dx \\
 ; & ; \\
 P_2 = \int_0^{560} f(y_3 - y_2) dx & P_2 = \int_0^{560} f(y_3 - y_2) dx \\
 ; & ; \\
 P_3 = \int_0^{560} f(y_4 - y_3) dx & P_3 = \int_0^{560} f(y_4 - y_3) dx \\
 ; & ; \\
 P_4 = \int_0^{560} f(y_5 - y_4) dx & P_4 = \int_0^{560} f(y_5 - y_4) dx \\
 ; & .
 \end{array}$$

Таблиця 1

Дані для цифрового відображення літологічної різниці за 309 конвеєрним штреком

		Довжина штреку, L, м																											
		20	40	60	80	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	460	480	500	520	540	560
7,3	7,2	7,1	7,0	7,1	7,2	7,0	7,1	7,1	7,1	7,2	7,0	7,1	7,1	7,2	7,3	7,8	7,7	8,2	8,6	9,3	9,4	9,4	9,9	10,1	10,0	10,2	10,9	10,2	10,1
5,9	5,1	3,4	3,7	3,4	4,9	5,5	5,4	5,8	6,0	6,2	5,9	5,8	5,7	5,8	6,0	6,8	7,6	8,0	8,6	9,3	9,4	9,3	9,6	9,5	9,3	9,4	9,3	9,8	10,1
2,8	2,1	2,2	2,6	2,9	2,8	2,5	2,4	2,6	2,9	2,8	2,5	2,1	2,1	2,1	2,2	2,8	3,4	3,7	4,2	3,9	4,0	4,3	4,0	3,8	3,6	3,7	3,5	3,7	3,8
2,8	2,1	1,5	1,7	2,2	2,2	1,9	1,5	1,4	1,5	1,5	1,9	1,5	1,4	1,5	1,5	2,3	3,0	3,2	3,6	3,4	3,5	3,8	3,4	3,2	3,0	3,2	2,9	3,1	3,3
2,1	1,4	0,6	0,9	1,6	1,6	1,2	0,9	0,7	0,7	0,9	1,2	0,9	0,7	0,7	0,9	1,6	2,3	2,4	2,9	2,8	2,9	3,1	2,7	2,5	2,4	2,5	2,3	2,4	2,6

Таблиця 2

Дані для цифрового відображення літологічної різниці за 9 бортовим штреком

		Довжина штреку, L, м																											
		20	40	60	80	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	460	480	500	560		
5,2	5,1	3,8	3,4	3,8	6,1	6,3	6,8	6,9	7,4	7,2	7,1	7,6	8,0	8,1	7,9	8,4	7,9	8,3	8,6	9,3	9,6	9,4	9,9	10,2	10,0	10,3	10,1	10,1	
4,0	4,2	4,1	4,4	4,4	5,6	5,6	5,4	5,6	6,1	5,9	6,0	6,8	7,3	7,2	6,9	6,6	7,6	8,0	8,6	9,3	9,5	9,3	9,6	9,6	9,3	9,5	9,4	9,7	10,2
0,9	1,1	1,8	2,1	2,8	2,5	2,6	2,4	2,5	2,8	2,5	2,5	2,9	3,2	3,3	3,5	3,3	3,8	4,2	3,9	4,1	4,2	4,1	3,9	3,6	3,8	3,6	3,7	3,9	
0,8	1,0	0,8	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	1,8	2,0	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,4	3,4	3,1	3,3	3,6	3,4	3,4	3,7	3,4	3,0	3,2	3,2	2,8	3,2	3,3
0,1	0,2	0,0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,9	1,2	1,0	1,4	1,6	1,9	2,1	2,6	2,7	2,4	2,4	2,9	2,8	2,8	3,0	2,6	2,4	2,4	2,4	2,2	2,4	2,7

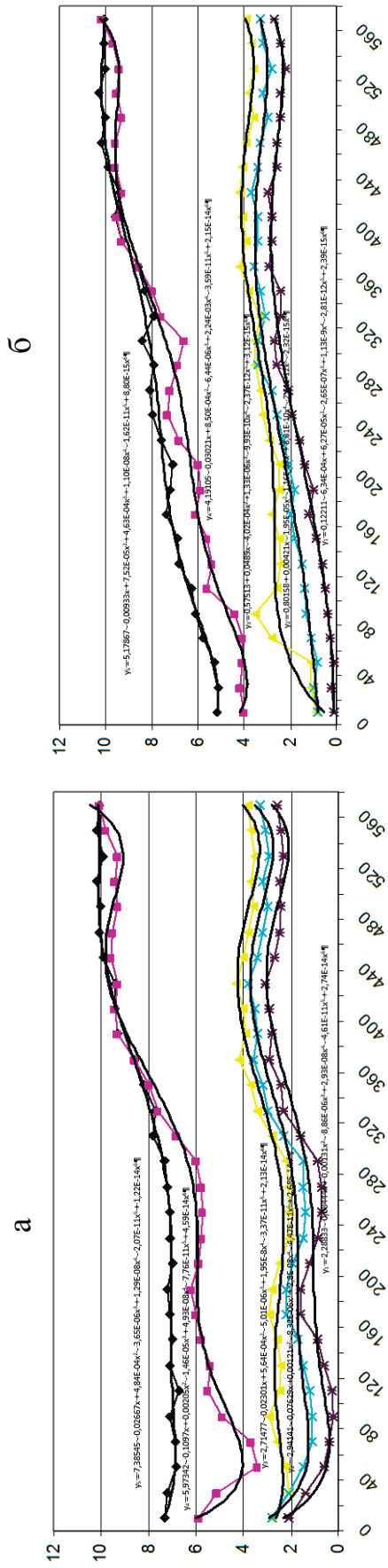


Рис. 2. Візуальне відображення ліній контакту літологічної різниці: а – за 309 конвеєрним штреком; б – за 9 борто-  
вим штреком

Для знаходження площі необхідно провести інтегрування за кожним із виразів:

$$P = c_6 \frac{x^7}{7} + c_5 \frac{x^6}{6} + c_4 \frac{x^5}{5} + c_3 \frac{x^4}{4} + c_2 \frac{x^3}{3} + c_1 \frac{x^2}{2} + c_0 x$$

де  $c_0 - c_6$  – емпіричні коефіцієнти поліноміального ряду. Визначаються різницею відповідних коефіцієнтів поліноміального ряду верхньої лінії контакту до нижньої.

Для просторового відображення геометричних форм був встановлений коефіцієнт ймовірності зміни літологічної будови за довжиною очисного вибою. Враховуючи, що у наших умовах довжина дільничних штреків однакова, тоді:

$$\xi = \frac{P_{ki} l_{ri}}{P_{ri} l_{ki}}$$

де  $P_{ki}$ ,  $l_{ki}$ ,  $P_{ri}$ ,  $l_{ri}$  – відповідно площі та довжини оконтурюючих дільничних штреків.

Даний коефіцієнт буде відношенням площ літологічної будови за оконтурюючими штреками 309 лави. Отримані результати дослідження занесені у табл. 3.

Таблиця 3

Результати варіації площі порід літологічної різниці за дільничними штреками 309 лави

№ п/п	Зміна площ літологічної різниці за 9 борт. штр., м <sup>2</sup>	Зміна площ літологічної різниці за 309 конв. штр., м <sup>2</sup>	Коефіцієнт варіації площі, $\xi$
1	419,0	399,0	1,05
2	365,0	387,0	0,94
3	2268,0	2249,0	1,01
4	456,0	590,0	0,77

Виходячи із отриманих результатів, можна встановити варіацію геометричних параметрів за відповідними породними шарами (табл. 4) для формування систем просторового відображення поверхонь (Grid-systems). За допомогою програмного продукту Surfer 8.0 автором були отримані поверхні контактів шарів жорсткості. Для умов 309 лави першим шаром жорсткості слугує основна покрівля пласта (рис. 3).

Відповідно, використовуючи залежності наведені у четвертому розділі [4], можна отримати Grid – систему відображення коефіцієнта літологічної будови (табл. 5) та його просторове відображення (рис. 4). Відображення значень показує на прогноз режимів роботи механізованих комплексів за довжиною, виїмкового стовпа, режим роботи механізованого комплексу за фактором кріплення (нормальний критичний та замежний). При знаходженні механізованого



комплексу у «замежній» зоні слід вносити доповнення у технологічний процес кріплення та проводити перемонтаж його секцій.

Таблиця 4

Координати точок формування площини контакту основної покрівлі  
з верхніми породами

Відображення літологічної різниці за 9 бортовим штреком	Координати точок																		Відображення літологічної різниці за 309 кон-верним штреком
	довжина лави																		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	
0	0	4,0	0	40	4,5	0	80	5,1	0	120	5,4	0	160	5,6	0	200	5,9		
40	0	4,1	40	40	3,9	40	80	3,8	40	120	3,6	40	160	3,5	40	200	3,4		
80	0	4,4	80	40	4,5	80	80	4,6	80	120	4,7	80	160	4,8	80	200	4,9		
120	0	5,4	120	40	5,6	120	80	5,2	120	120	5,3	120	160	5,5	120	200	5,4		
160	0	6,1	160	40	6,4	160	80	6,2	160	120	6,5	160	160	6,3	160	200	6,0		
200	0	6,0	200	40	6,2	200	80	5,8	200	120	6,4	200	160	6,2	200	200	5,9		
240	0	7,3	240	40	7,1	240	80	6,7	240	120	6,4	240	160	6,1	240	200	5,7		
280	0	6,9	280	40	6,8	280	80	6,5	280	120	6,4	280	160	6,2	280	200	6,0		
320	0	7,6	320	40	8,0	320	80	7,7	320	120	7,9	320	160	7,8	320	200	7,6		
360	0	8,6	360	40	9,0	360	80	8,6	360	120	8,2	360	160	8,4	360	200	8,6		
400	0	9,5	400	40	9,7	400	80	9,3	400	120	9,6	400	160	9,2	400	200	9,4		
440	0	9,6	440	40	10,0	440	80	9,7	440	120	9,3	440	160	9,4	440	200	9,6		
480	0	9,3	480	40	9,6	480	80	9,4	480	120	9,8	480	160	9,5	480	200	9,3		
520	0	9,4	520	40	9,7	520	80	9,6	520	120	9,1	520	160	9,2	520	200	9,3		
560	0	10,2	560	40	10,5	560	80	10,3	560	120	9,9	560	160	10,0	560	200	10,1		

Таблиця 5

Grid – система відображення коефіцієнта літологічної будови  
за площею 309 лави

Відтворення літологічної будови за 9 бортовим штреком	Координати точок																		Відтворення літологічної будови за 309 кон-верним штреком
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	
0	0	0,9	0	40	1,0	0	80	0,9	0	120	1,1	0	160	0,9	0	200	1,0		
40	0	1,5	40	40	1,3	40	80	1,4	40	120	1,2	40	160	1,5	40	200	1,3		
80	0	1,3	80	40	1,5	80	80	1,3	80	120	1,5	80	160	1,4	80	200	1,4		
120	0	1,7	120	40	1,7	120	80	1,5	120	120	1,6	120	160	1,7	120	200	1,5		
160	0	1,4	160	40	1,4	160	80	1,2	160	120	1,7	160	160	1,4	160	200	1,6		
200	0	1,1	200	40	0,9	200	80	1,0	200	120	0,9	200	160	1,1	200	200	1,0		
240	0	1,0	240	40	0,9	240	80	1,1	240	120	0,9	240	160	1,0	240	200	1,1		
280	0	0,7	280	40	0,5	280	80	0,4	280	120	0,8	280	160	0,7	280	200	0,8		
320	0	0,6	320	40	0,8	320	80	0,7	320	120	0,5	320	160	0,6	320	200	0,4		
360	0	0,7	360	40	0,6	360	80	0,5	360	120	0,8	360	160	0,7	360	200	0,8		
400	0	0,9	400	40	1,1	400	80	1,0	400	120	1,0	400	160	1,1	400	200	0,9		
440	0	0,9	440	40	1,0	440	80	1,1	440	120	0,9	440	160	1,0	440	200	1,1		
480	0	0,4	480	40	0,5	480	80	0,7	480	120	0,5	480	160	0,8	480	200	0,7		
520	0	0,6	520	40	0,8	520	80	0,6	520	120	0,4	520	160	0,6	520	200	0,6		
560	0	0,7	560	40	0,6	560	80	0,7	560	120	0,7	560	160	0,8	560	200	0,7		

Значення усереднених значень міцнісних характеристик порід покрівлі, силових параметрів секцій механізованого кріплення та коефіцієнта літологічної будови за довжиною виїмкового стовпа наведено у табл. 6 і на рис. 5 – 7.

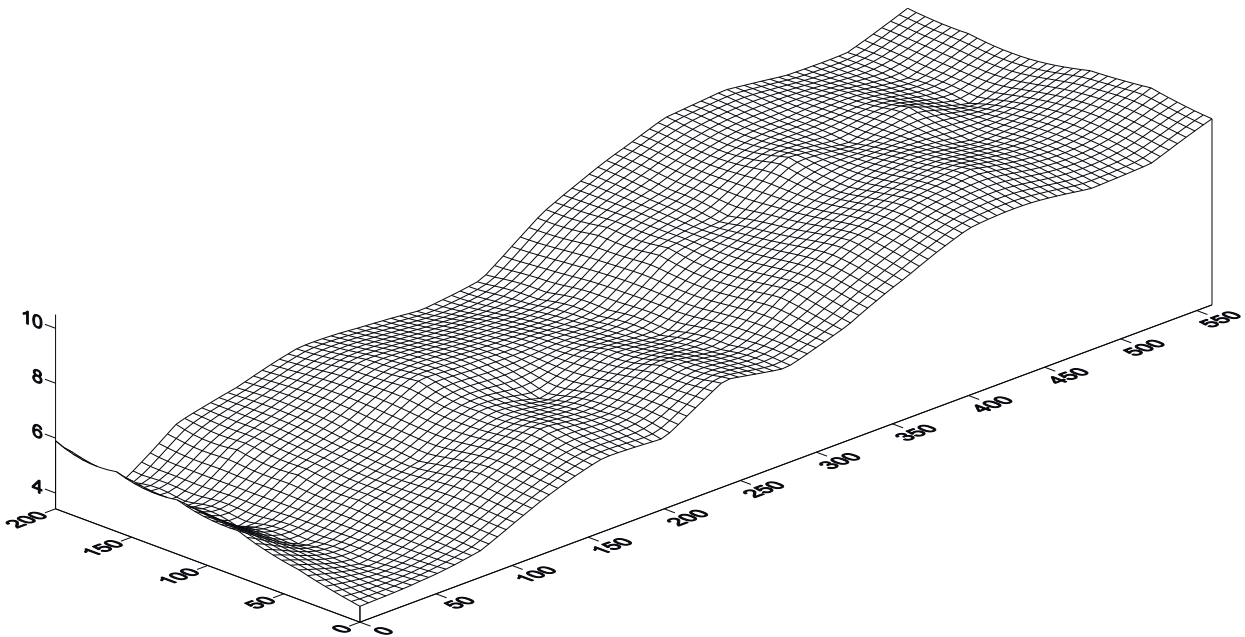


Рис. 3. Просторове відображення площини контакту основної покрівлі з верхніми породами для умов 309 лави

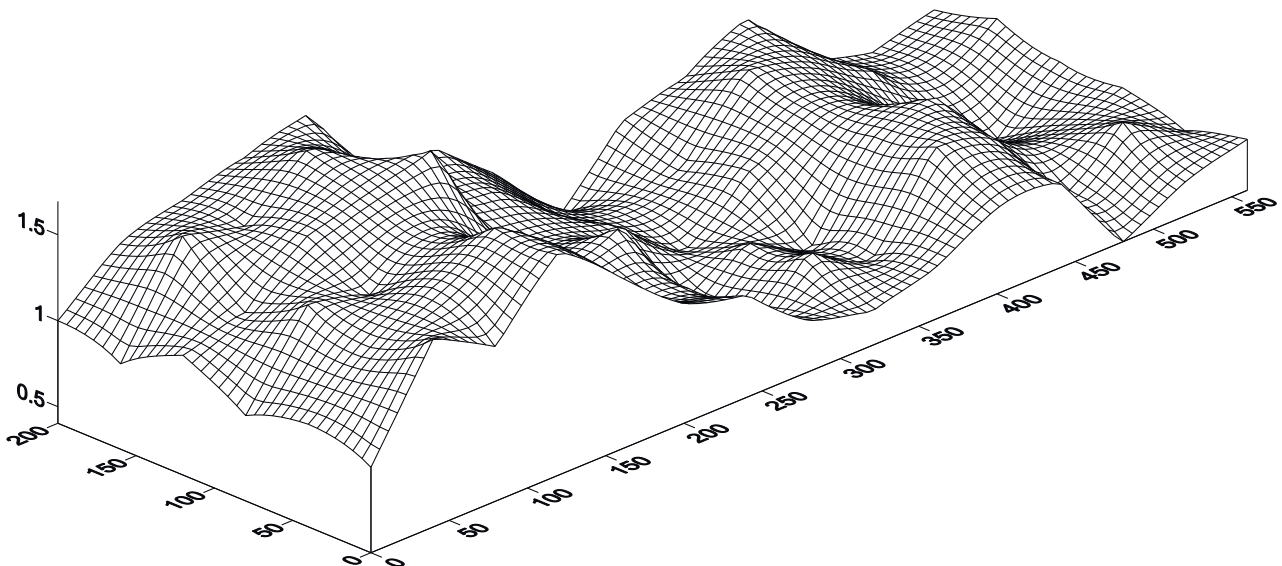


Рис. 4. Просторове відображення зміни коефіцієнта літологічної будови для умов 309 лави шахти «Зарічна» ДП «Львіввугілля»

Значення міцнісних характеристик гірського масиву

Параметр	Значення														
Довжина виїмкового стовпа, м	0	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560
Межа міцності на одновісне стиснення, МПа	21,4	20,7	20,3	20,4	20,3	20,2	21,1	22,7	23,4	23,1	24,2	23,1	24,6	24,5	25,6
Тиск у стояках (навантаження) секцій МК, Атм	174	183	201	195	205	187	179	172	167	183	189	185	173	175	180
Коефіцієнт літологічної будови	1,0	1,3	1,5	1,7	1,4	0,9	0,9	0,5	0,8	0,6	1,1	1,0	0,5	0,8	0,6

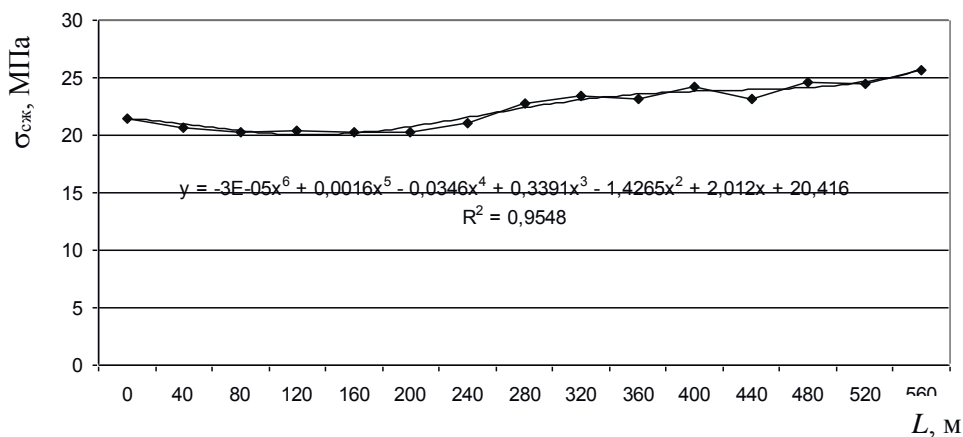


Рис. 5. Усереднені значення межі міцності порід основної покрівлі на одновісне стиснення за довжиною виїмкового стовпа

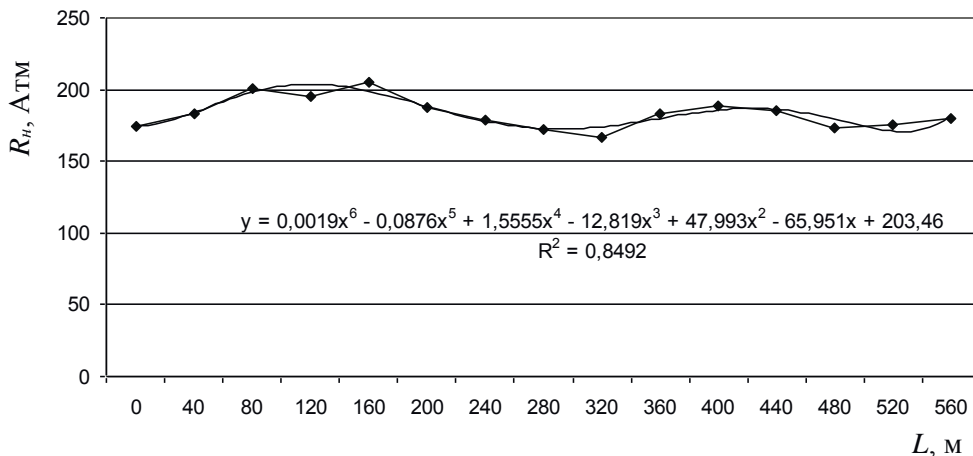


Рис. 6. Усереднені значення тиску у стояках секцій механізованого кріплення

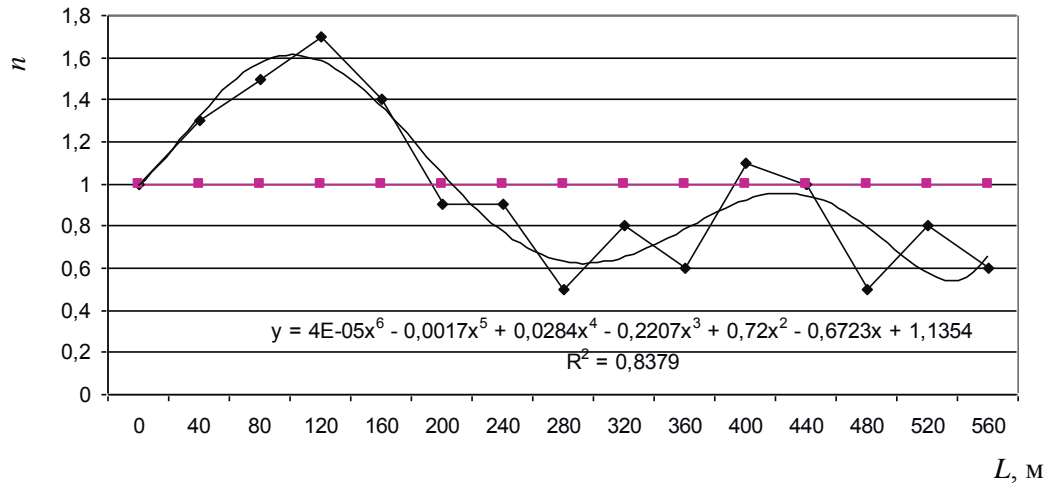


Рис. 7. Усереднені значення коефіцієнта літологічної будови за довжиною виїмкового стовпа

Результати дослідження проявів гірського тиску у робочому просторі лави. Дані дослідження спрямовано на встановлення залежностей прояву гірського тиску під час руху очисного вибою при високопродуктивному вийманні запасів виїмкового стовпа. Це здійснюється шляхом визначення напружень експериментально-аналітичними методами. Проявом дії напружень за певний проміжок часу є навантаження на кріплення очисного вибою, що відповідає тиску робочої рідини у системі живлення секцій. На першому етапі встановлюються ділянки шахтного поля із градієнтними напруженнями. Їм відповідають ділянки гірничих виробок, у яких відбувалися стабільні переміщення бічних порід і знаходяться вони поза зоною підвищеного чи пониженого тиску. Зміна переміщень призводить до адекватної зміни напружень. Причому чисельні відношення цих параметрів кратні один одному. Відношення отриманих величин до градієнтних показують приріст напружень на досліджуваній ділянці виїмкового стовпа.

Переміщення порід у робочому просторі лави визначалося вимірювальними стояками СУІ – 2 з насадками і маркшейдерською рулеткою. Аналіз величини навантажень бічних порід виконувався за допомогою шахтних манометрів і встановленням тиску в стояках механізованого кріплення.

Детально вивчалися зміни гірничо-геологічних умов залягання пласта: варіація потужності та кута падіння пласта, фізико-механічних властивостей вугілля і бічних порід. На їх основі розроблялися рекомендації щодо особливостей виконання технологічних процесів у лаві та надавалися рекомендації щодо керування гірським тиском [4]. Залежності кроку посадки основної покрівлі від коефіцієнта літологічної будови наведено на рис. 8.

Отримані залежності на рис. 8 підтверджують, що відстань первинної посадки покрівлі ( $d1$ ) при високомеханізованому вийманні тонких та надтонких вугільних пластів в умовах слабометаморфізованих пород покрівлі (покрівля: Б2, Б3, А1, А2) визначатися за залежністю, близькою до лінійної від коефіцієн-

та літологічної будови ( $n$ ), що у загальному вигляді виражається наступною залежністю:

$$dl = kn + c,$$

де  $k$ ,  $c$  – емпіричні коефіцієнти, що характеризують гірничо-геологічну будову масиву;  $k$  – тангенс кута девіації гірських порід (визначається за принципом Кулона – Мора);  $c$  – коефіцієнт, що характеризує міцність та потужність шару жорсткості (у даному випадку порід основної покрівлі).

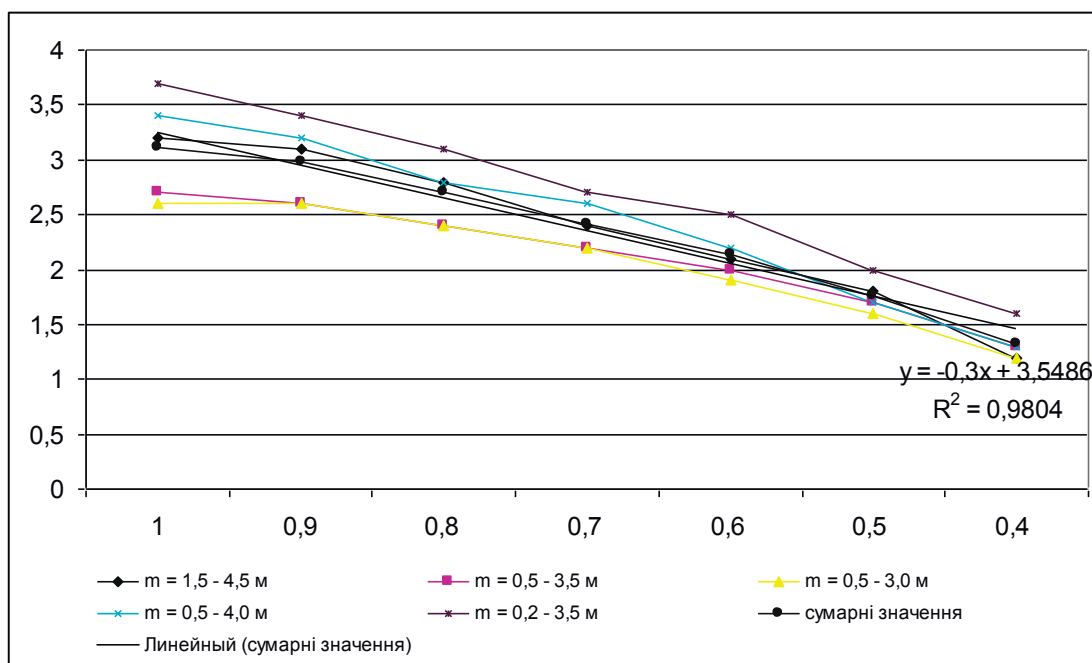


Рис. 8. Зміна величини посадки основної покрівлі залежно від коефіцієнта літологічної будови

**Висновки.** Формування доцільних геометричних розмірів виїмкової ділянки ґрунтується на усесторонньому вивченні механізму формування поля механічної напруженості вуглевмісних порід та його релаксації у міру руху очисних вибоїв вздовж виїмкових стовпів. Розвантаження масиву порід провадиться способом примусової зупинки очисних вибоїв чи зниження швидкості посування лави до меж первинної посадки основної покрівлі на рівні 2 – 3 потужностей вугільного пласта, що виймається. Поточне корегування силових параметрів механізованого кріплення здійснюється шляхом зміни тиску робочої рідини у стояках та впровадження додаткових пружних елементів до міжсекційного простору лави.

Коефіцієнт літологічної будови ( $n$ ) є одним із визначальних при встановленні геометричних параметрів очисної ділянки та слугує показником для визначення ефективних способів керування гірським тиском при високомеханізованому вийманні тонких та надтонких вугільних пластів. Він також дає можливість встановлювати геометричні параметри очисного вибою до економічно доцільних розмірів за зниженням витрат на підготовку виїмкових стовпів, вноси-

ти удосконалення до технології керування гірським тиском за критеріями геолого-структурної будови слабометаморфізованих порід та ін.

Список літератури

1. Инновация в угольной промышленности // Эксперт. – 2011. – № 5. – 104 с.
2. Півняк Г.Г. Роль вугілля у стійкому розвитку енергетики/ Г.Г. Півняк // Науковий вісник НГА України. – 2001. – № 1. – С. 81 – 84.
3. Тулуб С.Б. Екологічні проблеми розробки вугільних родовищ/ С.Б. Тулуб // Науковий вісник НГА України. – 1999. – № 1. – С. 23 – 26.
4. Дичковський Р.О. Наукові засади синтезу технологій видобування вугілля у слабометаморфізованих породах / Р.О. Дичковський. – Д. : Національний гірничий університет, 2013. – 262 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Бузилом В.І.  
Надійшла до редакції 15.10.2014*

УДК 622.278-6

© В.Г. Лозинський

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ  
ТЕХНОЛОГІЇ СВЕРДЛОВИННОЇ ПІДЗЕМНОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ  
НА ОСНОВІ РОЗРАХУНКУ КОЕФІЦІЄНТА  
ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

Проаналізовані наявні методи розрахунку параметрів економічної ефективності станції свердловинної підземної газифікації вугілля. Розроблена методика визначення доцільності вигазовування вугільних пластів підземними газогенераторами на основі розрахунку коефіцієнта економічної ефективності. Визначені граничні умови геометричних параметрів підземних газогенераторів.

Проанализированы имеющиеся методы расчета основных параметров экономической эффективности станции скважиной подземной газификации угля. Разработана методика определения целесообразности выгазовывания угольных пластов подземными газогенераторами на основе расчета коэффициента экономической эффективности. Определены граничные условия геометрических параметров подземных газогенераторов.

The methods of calculation the parameters of economic efficiency of borehole underground coal gasification station are analyzed. The method of determining the practicability of underground coal gasification on the base of commercial efficiency calculation is developed. Boundary conditions of geometrical parameters distribution in underground gasifier are defined.

**Вступ.** Однією з основних причин підвищення зацікавленості до підземної газифікації є економічний аспект. Досвід недалекого минулого [1], показує, що усунення проблем, пов'язаних з недостатньою оцінкою впливу геологічних порушень на процес підземної газифікації вугілля, може виявитися надзвичайно