

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методические подходы к выбору устойчивого развития территории/ Под научной редакцией проф., д-ра техн. Наук А.Г. Шапаря; НАН Украины. Ин-т проблем природопользования и экологии. – Днепропетровск, 1996. Том второй.
2. Семенченко Б.А., Белов П.Н. Метеорологические аспекты охраны природной среды. – М., Изд-во МГУ, 1984, с ил. 96 с.
3. Методические подходы к выбору устойчивого развития территории/ Под научной редакцией проф., д-ра техн. Наук А.Г. Шапаря; НАН Украины. Ин-т проблем природопользования и экологии. – Днепропетровск, 1996. Том первый.
4. Гущин В.И. Взрывные работы на карьерах. М., «Недра», 1975. 248 с.

УДК 622.831.325.2:622.831.2

М.н.с. П.В. Галемський (УкрНДМІ)

### **ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ЗАХИЩЕНОСТІ ВІД ГАЗОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ У НАДРОБЛЕНИХ ДІЛЯНКАХ**

Статистическими методами определены критерии защищенности от газодинамических явлений выбросоопасных угольных пластов с учетом их газоносности и расстояния до надрабатываемого пласта.

### **DETERMINATION OF PROTECTABILITY CRITERIA AGAINST GAS-DYNAMIC PHENOMENA OF OUT-BURST PRONE COAL SEAMS IN UNDERMINED AREAS**

Using statistical technology protectability criteria are determined against gas-dynamic phenomena of out-burst prone coal seams subject to gas content in them and a distance to overworking seam.

Незважаючи на наявні досягнення в області теорії і практики боротьби з раптовими викидами в шахтах, ряд принципово важливих питань цієї проблеми не вирішено або вимагає подальшого розвитку, особливо для умов зростаючої глибини розробки. Найважливішим питанням є науково-обґрунтована розробка кількісних критеріїв та інженерних методів визначення ступеня викидонебезпечності вугільних пластів з диференціацією за природними та технологічними факторами, що забезпечують вибір ефективних параметрів і способів попередження раптових викидів, адекватних геомеханічним умовам розробки.

Відповідно до діючого нормативного документа [1] глибина розробки захисного пласта  $H$  є основоположним чинником, за яким визначаються значущі величини для розрахунку дальності захисної дії: критична потужність захисного пласта  $m_0$ , табличні значення розмірів захищеної зони в покрівлю  $S_1$  і підшву  $S_2$ . Незважаючи на інші фактори розрахунку збільшення глибини ведення гірничих робіт зменшує розрахункові розміри зони ефективного захисту за інструкцією [1].

Тому для порівняння теоретичного та фактичного впливу глибини ведення робіт були зібрані статистичні данні прояву 751 раптового викиду, зареєстро-

ваних в Центральному районі Донбасу, з 1926 по 1996 роки. При розрахунку за методикою [1] вплив глибини ведення очисних робіт на дальність захисної дії надробки значно суттєвіший ніж підробки. Слід очікувати більшу щільність статистичної залежності глибини розробки захисного пласту та розмірів захищеної зони. З 751 викиду вугілля та газу у Центральному районі Донбасу 106 явищ відбулися за наявністю впливу надробки. Умови статистичної вибірки:

- Центральний район Донбасу (ЦРД);
- газодинамічне явище – раптовий викид;
- надробка з усіма можливими джерелами впливу (зони підвищеного гірського тиску від інших пластів);
- пласт з найменшою величиною міжпласття із сукупності впливаючих (при багаторазовій надробки).

На рисунку 1 помітні два головних максимуми, що відповідають інтервалам значень 40-100 м і 120-200 м величини міжпласття. Вибірка була розбита на два інтервали: [40;100], [110;200]. В результаті обробки одержали наступні описові статистики проміжків (табл. 1).

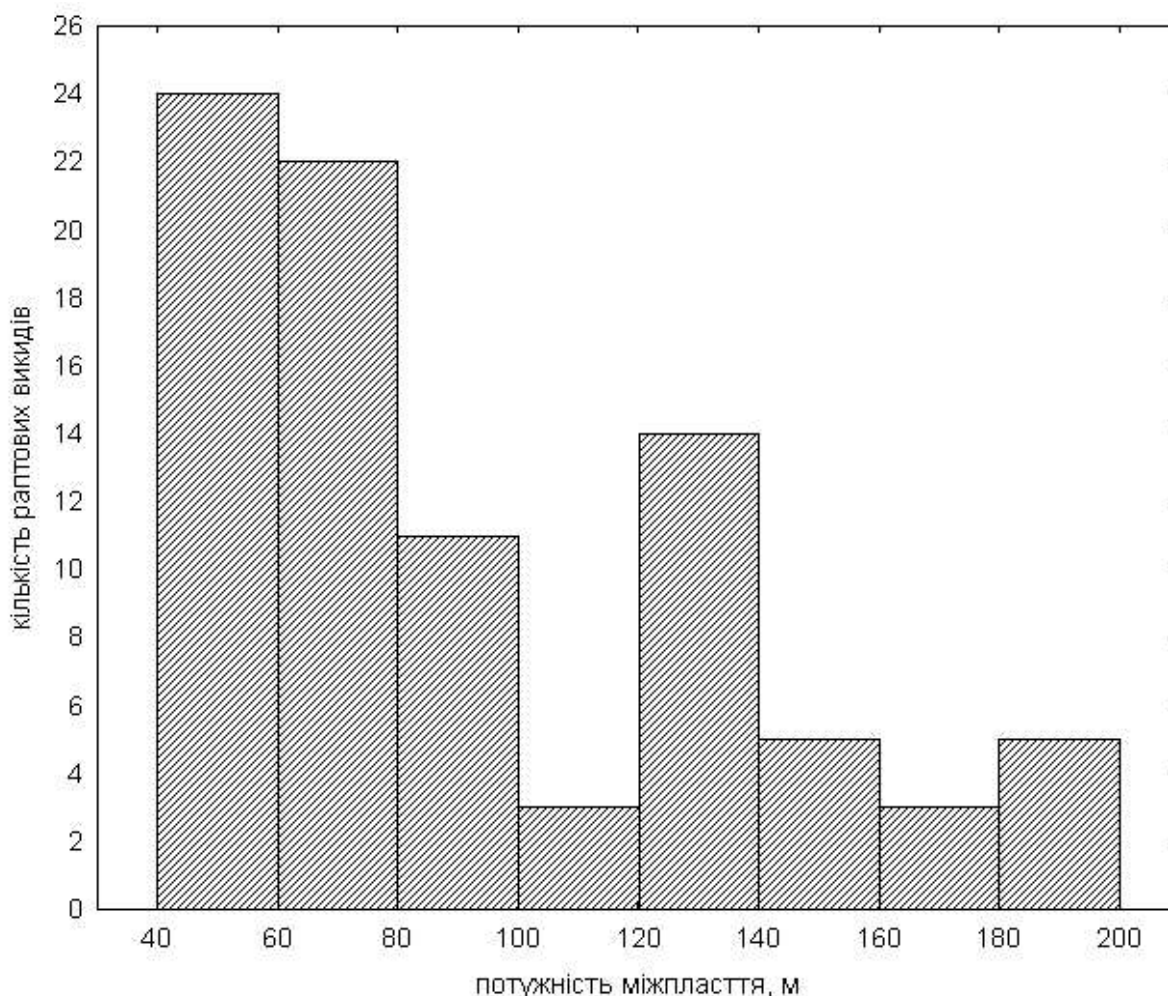


Рис. 1 – Гістограма розподілу раптових викидів вугілля і газу на надроблених ділянках вугільних пластів в ЦРД за потужністю міжпласття

Таблиця 1 – Описові статистики інтервалів значень міжпласття

№ інтервалу	Кількість раптових викидів	Мінімум, м	Максимум, м	Стандартне відхилення
1	68	40	100	10,15
2	38	110	200	24,53

За даними експериментальних і теоретичних досліджень значення розміру захищеної зони при надробці не можуть перевищувати значень інтервалу 65 - 100 м [1, 2]. Тому необхідно підтвердити або спростувати припущення про приналежність двох інтервалів різним сукупностям.

Виконаємо перевірку гіпотези про рівність стандартів відхилень інтервалів [40;100] і [110;200] :

$$H_0 : \sigma_{[40; 100]} = \sigma_{[110; 200]} \quad (1)$$

$$H_1 : \sigma_{[110; 100]} = \sigma_{[40; 200]}$$

При рівні значимості  $\alpha = 0,05$  скористаємося критерієм Фішера-Сенедекора [3] за аналогією з порівнянням двох дисперсій нормальних генеральних сукупностей. Для прийняття нульової гіпотези необхідне виконання наступної умови:

$$P [F_{спост} < F_{кр}(\alpha, k_1, k_2)] = \alpha, \quad (2)$$

де  $F_{спост}$  – точка розподілу Фішера-Сенедекора, що спостерігається, яка обчислюється за формулою,

$$F_{спост} = \frac{\sigma_б^2}{\sigma_м^2}, \quad (3)$$

де  $\sigma_б, \sigma_м$  – більший та менший стандарт відхилень відповідно;  $F_{кр}$  – табличні значення критичних точок розподілу Фішера-Сенедекора [4, стор. 331, табл. VI] знаходяться за рівнем значимості  $\alpha$  і ступеням волі:

$$k_1 = n_1 - 1, k_2 = n_2 - 1, \quad (4)$$

де  $n_1, n_2$  – обсяги вибірок, за якими обчислені більший і менший стандарт відхилення відповідно.

За розрахунками, котрі наведені в таблиці 2, приймаємо конкуруючу гіпотезу  $H_1 (F_{спост} > F_{кр})$ , іншими словами, стандарти відхилення відрізняються значно - інтервали неоднорідні.

На підставі отриманих результатів аналізуються не всі 106 явищ при надробці, а лише ті, що відповідають інтервалові [40;100] – 68 раптових вики-

дів, порівнянних з можливим впливом надробки.

Таблиця 2 – Розрахунки за критерієм Фішера-Сенедекора

Кількість раптових-викидів	Інтервал, м		$\sigma$	$k$	$\alpha$	$F_{набл}$	$F_{кр}$	Гіпотеза, що прийнята
	min	max						
68	40	100	10,15	67	0,05	5,84	1,59	$H_1$
38	110	200	24,53	37				

За результатами розрахунку значень дальності захисної дії надробки, при впливі якої відбулися газодинамічні явища, що аналізуються, побудовано графік з розкидом значень дальності захисної дії надробки і потужності міжпласття, при якому відбулися ці раптові викиди, після категоризації даних за глибиною ведення робіт на захисному пласті з інтервалом у 100 м. Результати представлені на рисунку 2, де  $S_2$  – інтервал дальності захисної дії з вказаним середнім значенням, нижня границя – мінімум, а верхня – максимум,  $mmp$  – інтервал потужності міжпласття, при якому відбулися викиди. На графіку інтервали  $S_2$  зміщені відносно  $mmp$  для поліпшення читабельності.

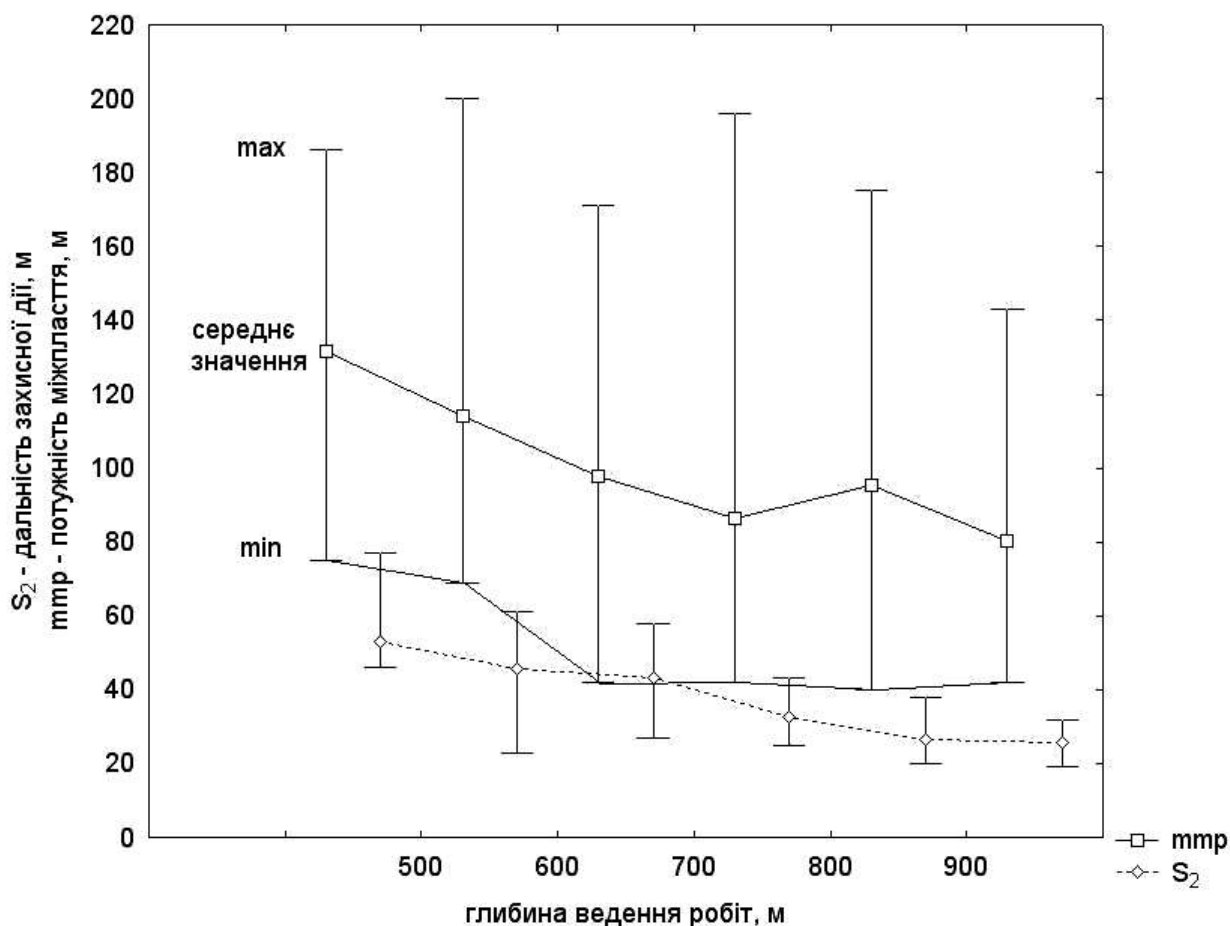


Рис. 2 – Потужність міжпласття надробки ( $mmp$ ) та дальність захисної дії ( $S_2$ ) за якої відбулися раптові викиди (значення  $S_2$  зміщені)

На малюнку чітко видно зменшення середніх значень відстані до пласта, який надробляє, до інтервалу 700-800 м, але мінімальне значення міжпласття стабілізувалося з інтервалу 600-700 м, хоча під час розрахунку значення  $S_2$  розмірів захищеної зони у ґрунт вугільного пласта, що захищає, за методикою [1] послідовно зменшується шляхом урахуванням розмірів відробки  $a$  й глибини ведення робіт  $H$ , конвергенції боків виробки (коефіцієнт  $\beta_1$ ), де  $H$  ще раз є аргументом, і вміст пісковиків в породах, що надробляються ( $\beta_2$ ). Таким чином значення  $S_2$  повинно зменшуватися з глибиною до 16-20 м [1, п.3.2.2, ст. 55-56], хоча фактично цього не відбувається.

Перевірити вплив на дальність захисної дії різних факторів можна опосередковано за величиною міжпласття, при якому відбулися раптові викиди (надалі „міжпласття”).

До аналізу кількості раптових викидів залежно від величини міжпласття і потужності захисного пласта при надробці викидонебезпечних вугільних пластів прийнято 106 раптових викидів вугілля і газу, розподіл яких представлено на рисунку 3.

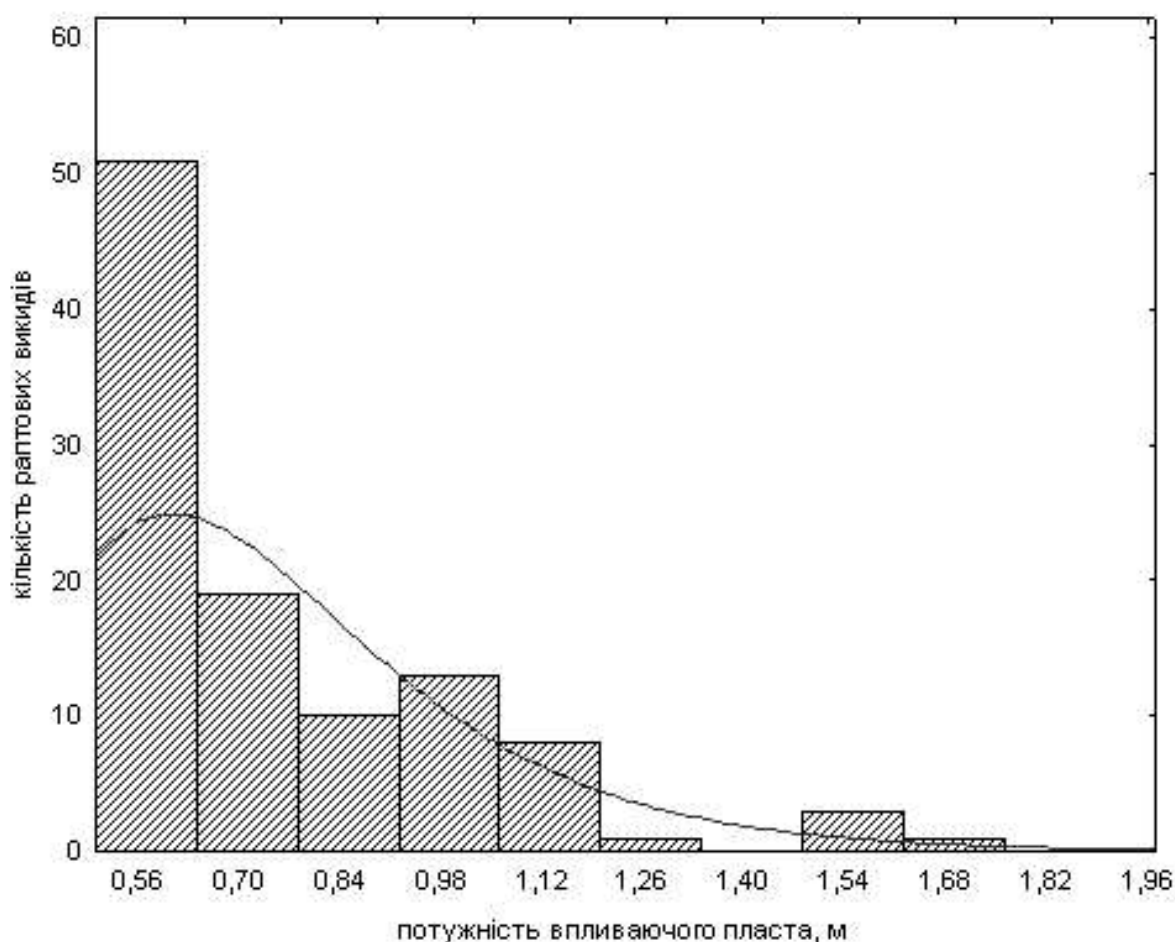


Рис. 3 - Гістограма і розподіл раптових викидів за потужністю пласта, що впливає, при надробці

Відповідно до критерію Пірсона,  $\chi^2_{\text{спост}} = 6,26 < \chi^2_{\text{кр}} = 7,81$  (при рівні значимості  $\alpha = 0.05$ , кількості ступенів свободи  $df = 3$ ) встановлено що поту-

жність пласта, котрий захищає,  $x$  підпорядковується логнормальному закону розподілу зі стислістю імовірності

$$f(x) = \frac{1}{x \cdot \sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (5)$$

де  $\mu = -0,3652$  – математичне очікування логарифма випадкової величини, приймається рівним середньому вибірковому значенню нормального розподілу;  $\sigma = 0,3676$  – середньоквадратичне відхилення, приймається рівним виправленому вибірковому середньоквадратичному відхиленню нормального розподілу.

Якщо за межу довірчого інтервалу взяти  $2\sigma$ , якій відповідає імовірність 0,95, то раптові викиди, що відбулися при надробці пластами потужністю більше 1,27 м, є малоімовірними подіями, оскільки в ЦРД захисних пластів такої потужності одиниці. З ймовірністю помилки 0,05 значення більше 1,27 м виключено з аналізу впливу на дальність захисної дії.

На графіку розсіювання раптових викидів вугілля і газу (рис. 4) простежується вплив потужності пласта, що надробляє, на величину міжпластя.

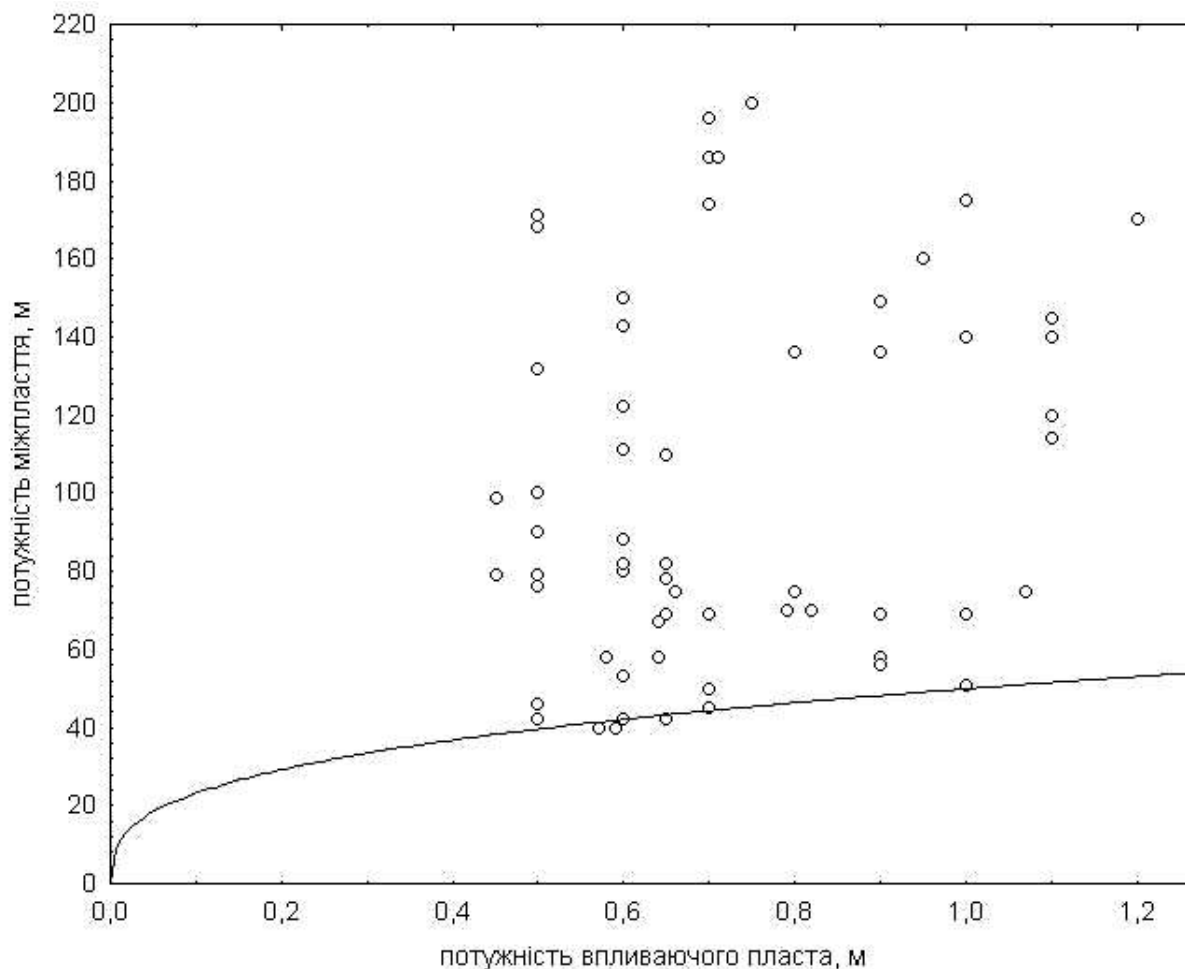


Рис. 4 – Гранична крива ефективності надробки при раптових викидах

Граничний критерій для визначення зони ефективної надробки залежно від потужності захисного пласта:

$$h_{ef} < h_m = f(m_{nl}), \quad (6)$$

де  $\{min(h_m, m_{nl})\}$  – мінімальні значення відстаней до пластів, що наробляють, та його потужності, при яких відбулися раптові викиди;  $h_{ef}$  – відстань на яку поширюється зона ефективного захисту від раптових викидів в підшову розроблюваного вугільного пласта.

Для цього достатньо апроксимувати точки  $\{min(h_m, m_{nl})\}$  функцією виду

$$h_m = f(m_{nl}) = a \sqrt[3]{m_{nl}}, \quad (7)$$

де  $a$  – коефіцієнт, що визначається. Одержимо функцію:

$$h_{ef} < h_m = f(m_{nl}) = 49.92 \sqrt[3]{m_{nl}}. \quad (8)$$

Критерій (8) свідчить про те, що при малих відстанях між захисним і викидонебезпечним пластами незворотні зміни структури вугілля у сполученні з розвантаженням від гірського тиску, які відбулися при надробці, створюють умови для рівномірної дегазації пласта через тріщини в породах міжпластя. Цим і визначається формування меж захищених зон від ГДЯ у межах області впливу очисних виробок захисного пласта. Отримані результати не суперечать досвіду досліджень, наприклад [5, 6].

Такі процеси обумовлюють той факт, що незалежно від наявності аномалій гірського тиску, на вугільних пластах з газоносністю менше  $8 \text{ м}^3/\text{т}$  с.б.м. раптові викиди вугілля і газу не відбуваються – по [1] це є критерій викидонебезпечності шахтопласта поряд з комплексним показником метаморфізму на основі виходу летючих речовин.

З 68 явищ прийнятих до аналізу тільки для 26 є дані про газоносність на вугільних пластах марок Ж, ДО, ОС, Т, що надробляються. Кореляційне поле на рис. 5 дозволяє зробити припущення про нелінійний характер залежності газоносності пласта  $gp$ , на якому відбувся викид, незважаючи на вплив надробки з потужністю міжпластя  $M$

$$M = a + b \cdot gp + c \cdot gp^2, \quad (9)$$

де  $a, b, c$  – коефіцієнти рівняння регресії (значення див. таблицю 3).

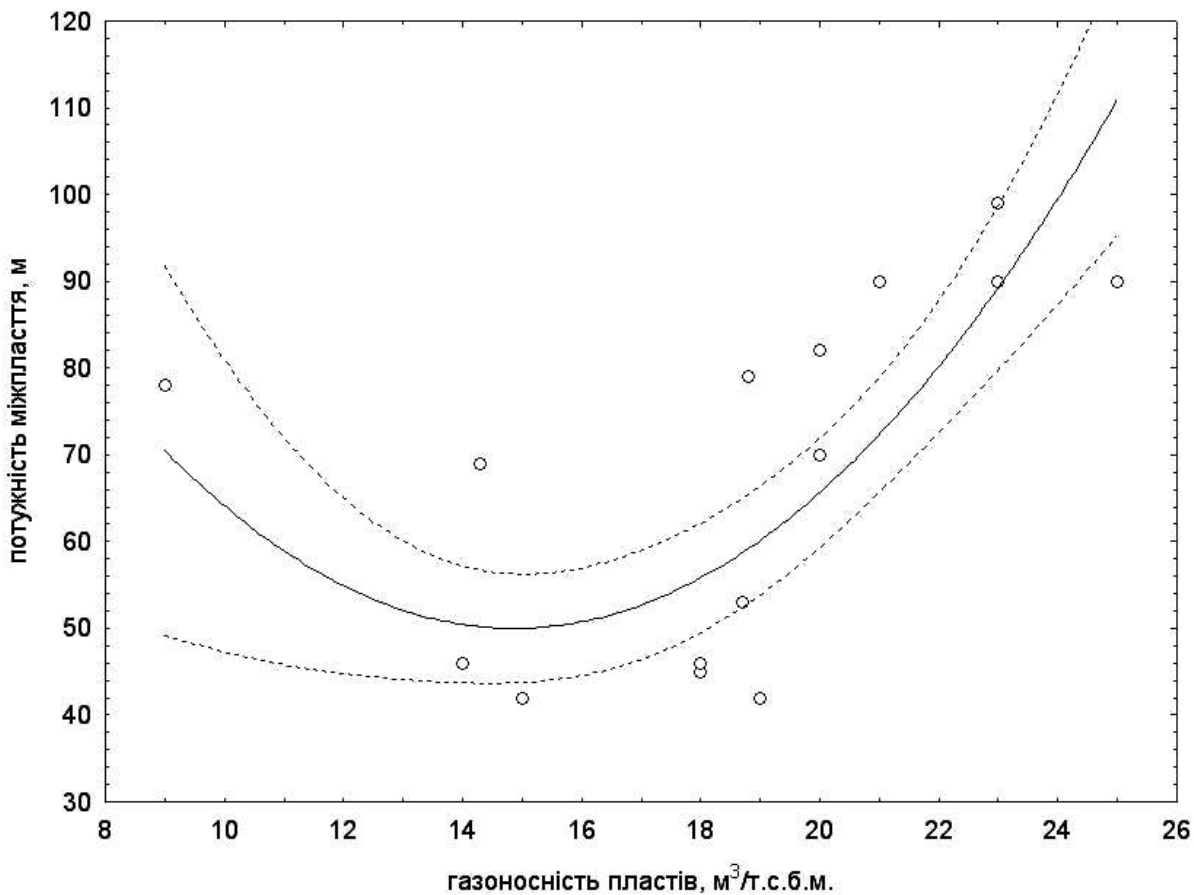


Рис. 5 – Раптові викиди та відповідні значення потужностей міжпласття  $M$  при впливі надробки і газоносностей пластів

Отриманий коефіцієнт кореляції  $R=0,81$ ,  $t$ -критерії Ст'юдента, рівні їх значимості, наведені в табл. 3, свідчать про те, що процеси тріщиноутворення та дегазації товщі, що надробляється, інтенсивно впливають на газодинамічний стан викидонебезпечного вугільного пласта але функція (9) практичного значення не має. На рисунку б приведені нормальний розподіл залишків.

Таблиця 3 - Кореляційні коефіцієнти

Коефіцієнт	Значення коефіцієнтів	$t$ -критерій, $df=23$	Рівень значимості критерію, $p$
a	181	4,22	0,0003
b	17,67	-3,56	0,0017
c	0,59	4,25	0,0003

Для визначення зони ефективною надробки залежно від газоносності вугільного пласта, можна ввести граничний критерій (див. рисунок 7):

$$h_{ef} < h_m = f(g_{nl}), \quad (10),$$

де  $g_{nl}$  – газоносність пласта, що надробляється.



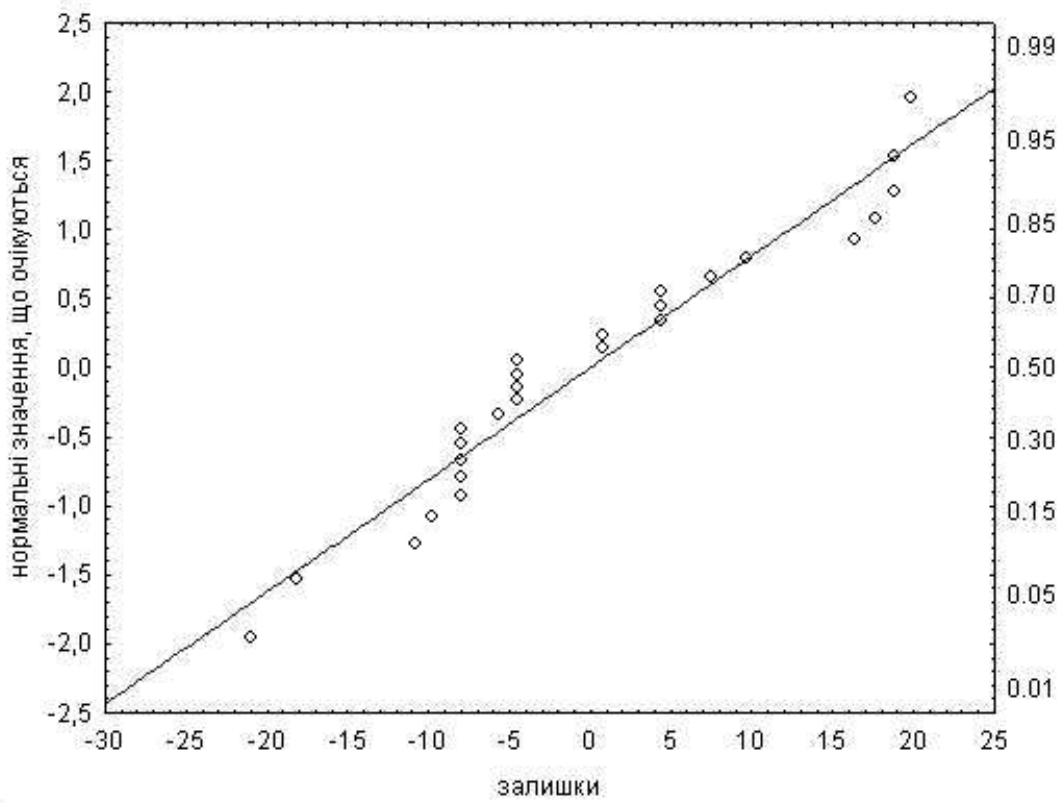


Рис. 6 – Нормальний розподіл залишків

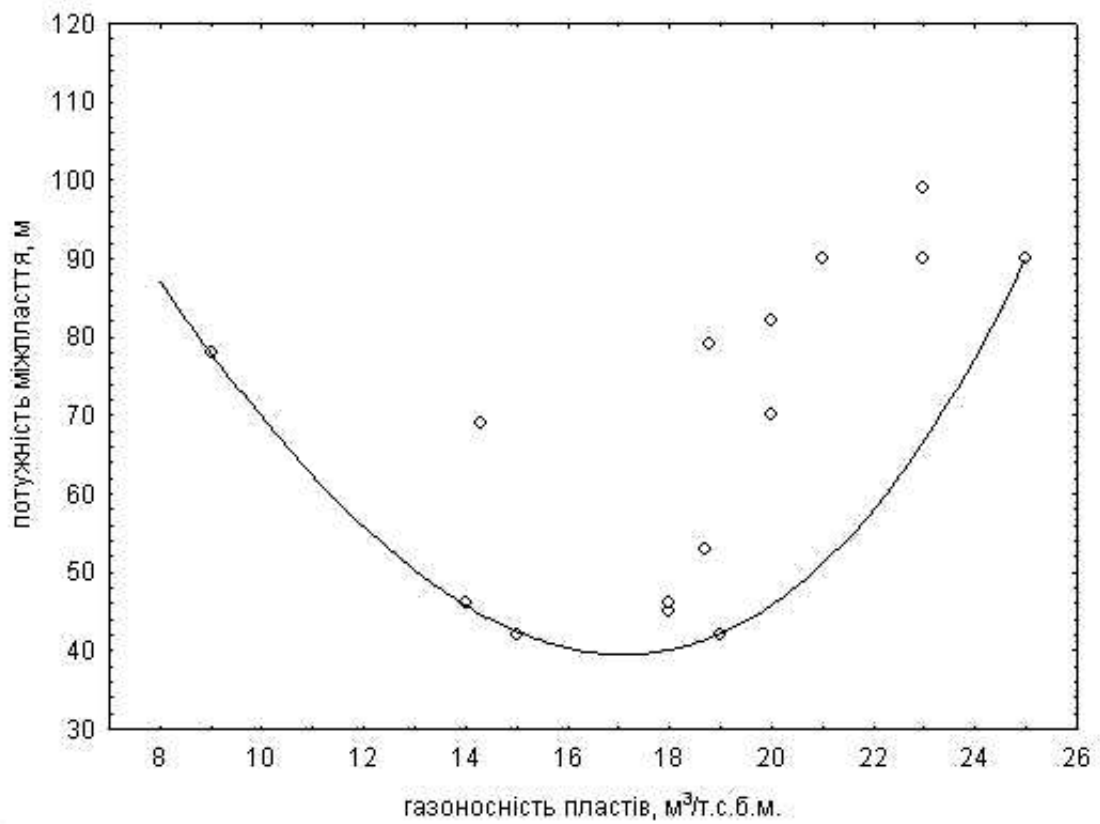


Рис. 7 – Гранична крива ефективності надробки при раптових викидах за критерієм газоносності викидонебезпечного пласта

Для цього достатньо апроксимувати точки  $\{min(h_m, m_{пл})\}$  з мінімальним значенням газоносності пласта, при якому відбулися раптові викиди в зонах впливу надробки в інтервалі міжпласття від 40 до 100 м:

Виконавши апроксимацію полінома третього ступеня

$$h_m = f(g_{пл}) = a + b \cdot g_{пл} + c \cdot g_{пл}^2, \quad (11)$$

де  $a, b, c$  – коефіцієнти, що визначаються;  
одержимо функцію (10) і (11) у вигляді

$$h_{эф} < h_m = f(g_{пл}) = 175,4 - 11,93 g_{пл} + 0,0136 g_{пл}^2, \quad (12)$$

$$g_{пл} \in (7; 25],$$

Ліва межа є критерієм безпечності з прояву викидів [1, п. 2.1.3], для можливості екстраполяції за праву межу необхідні додаткові дослідження.

Критерій дальності захисної дії надробки за потужністю захисного пласта(8) дозволить визначати розмір зони тріщиноутворення, в межах котрої іде активна дегазація, а за допомогою критерію (12) оцінювати її рівень з урахуванням зростаючого з глибиною робіт ступеня метаморфізму вугілля та порід, що вміщують, і, відповідно, газоносності викидонебезпечного пласта. Використання розроблених статистичних критеріїв дозволить збільшити розрахункові розміри зони вугільного пласта, що захищена від раптових викидів, та підвищити рівень безпеки праці.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа: Утв. Минуглепромом СССР и Госгортехнадзором СССР 18.04.89г. - М.: типография Минуглепрома СССР, 1989. -191 с.
2. Айруни А.Т. Прогнозирование и предотвращение газодинамических явлений в угольных шахтах. – М.: Наука, 1987. – 310 с.
3. Статистические выводы и связи. – М.: Наука, 1973. - 899 с.
4. Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. – Наука, 1965
5. Хилько В.В. Обоснование и разработка метода оценки и контроля эффективности опережающей разработки защитных пластов на основе изучения структуры и газодинамических свойств углей (применительно к условиям Донецкого бассейна): Автореф. дис. канд. техн. наук: 01.02.07/ ВНИМИ. – Л., 1982. - 21 с.
6. Новичихин И.А., Хилько В.В., Ильяшов М.А. Разработка свит выбросоопасных угольных пластов. – К.: Тэхника, 1990. – 149 с.