

ОЦЕНКА ОБРУШАЕМОСТИ ПОРОД В КАМЕРАХ ГИПСОВЫХ ШАХТ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ АНКЕРНОЙ СТЯЖНОЙ КРЕПИ

На основі аналізу фактичного матеріалу визначено показники навантаження на анкерне стяжне кріплення.

THE SOILS CAVING ESTIMATION IN PLASTER MINES CAMERAS WITH REFERENCE TO A CHOICE OF ARGUMENTS OF AN ANCHOR TENSION SUPPORT

On the basis of analysis of an actual material are determined indexes of an offloading on anchor tension support.

При ведении горных работ важно знать, при каких размерах обнажений пород не возникает угроза обрушений их в горную выработку. Размеры таких обнажений, принимающих устойчивую форму на определенный промежуток времени, зависят, прежде всего, от распространения зоны нарушенных пород, вызванный силами горного давления. Потерявшие частично несущую способность породы могут под действием собственной массы обрушаться. После обрушения обнажение принимает устойчивую форму свода. Интенсивность развития обрушения горных пород в горных выработках зависит от величины сечения выработки, вида крепи, физико-механических свойств пород, окружающих горную выработку, и условий их нагружения. Проявление процесса деформирования горных пород происходит более интенсивно в выработках с большой площадью обнажения и значительной мощностью разрабатываемого пласта. Различают три стадии развития процесса обрушения: начальную, промежуточную и конечную. Зона обрушений может распространяться вверх по нормали на величину, примерно равную трем-пяти мощностям пласта. Анализ случаев вывалообразования показал, что наблюдается тенденция роста высоты зоны обрушения с увеличением ширины выработки. Вскрываемые обнажениями слои более прочных пород образуют подобие породных мостов, препятствующих распространению зоны разрушения вглубь массива.

Анализ обрушений в выработках Артемовской гипсовой шахты показал, что максимальная высота зоны обрушения составляет 3,5 м, минимальная – 0,5 м, при среднем значении 1,35 м, а абсолютные значения высоты полости $h + \Delta h$ отличается друг от друга в значительных пределах: минимальное значение равно 6,5 м, максимальное – 18,5 м, при среднем значении 9,6 м. Отношение высоты обрушения к его ширине составляет в среднем 0,35 м и изменяется от 0,1 до 1,17.

Анализ обрушений также показал, что площадь обрушений и объем обрушенных пород изменяется в довольно широких пределах: площадь изменяется от 4,5 до 40 м², при среднем значении 16 м², среднеквадратичном отклонении, равном 9 м², и коэффициенте вариации – 56 %; объем обрушенных пород изменяется от 1,2 до 21 м³, при среднем значении 7 м³, среднеквадратичном откло-

нении, равном $5,4 \text{ м}^3$, и коэффициенте вариации более 70 %.

Корреляционное поле зависимости объема обрушенных пород V от площади обрушения $S_{обр}$ представлено на рис. 1. Все значения расположены в секторе, ограниченном прямыми

$$\begin{aligned} V_{\min} &= 0,15S_{обр} + 0,525; \\ V_{\max} &= 1,6S_{обр} - 7,6. \end{aligned} \quad (1)$$

В предположении, что между V и $S_{обр}$ линейная зависимость, определен коэффициент корреляции, равный $r = 0,7$, его ошибка – 0,13, надежность по Ляпунову

$$\mu = \frac{r\sqrt{n}}{1-r^2} = \frac{0,7\sqrt{16}}{1-0,49} = 5,5 > 2,6.$$

По методу наименьших квадратов определяем коэффициенты уравнения регрессии

$$y = aS_{обр} + b.$$

Полученное уравнение регрессии имеет вид

$$V_{обр} = 0,33S_{обр} + 1,45. \quad (2)$$

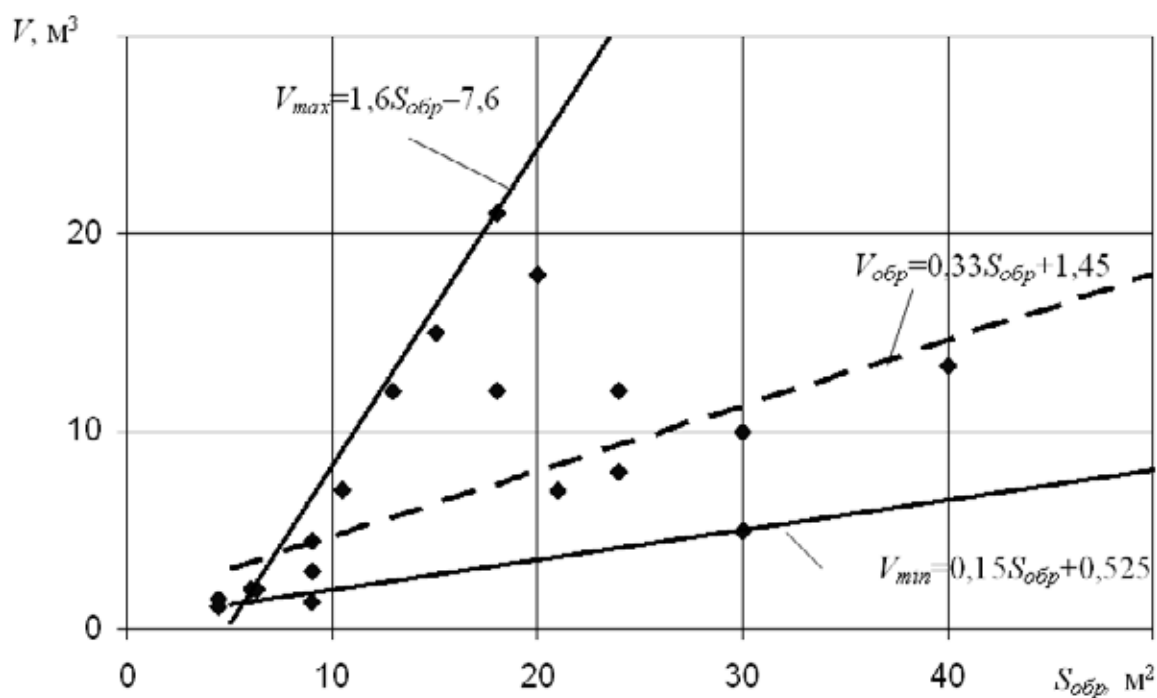


Рис. 1 – Зависимость объема обрушенных пород от площади обрушения Артемовской гипсовой шахты

Для условий Пешеланской гипсовой шахты значения $h + \Delta h$ изменяются от 4,9 до 30 м, при среднем значении 9,3 м. Только в одном случае эта величина достигает 30 м. Обрушение произошло после взрыва и распространилось до поверхности.

Анализ площадей обрушений S и объемов обрушенных пород V показал, что эти величины имеют очень большую вариацию. Площади обрушений изменяются от 0,7 до 198,6 м², при среднем значении, равном 27,0 м², среднеквадратичном отклонении, равном 32 м², коэффициенте вариации более 100 % (116 %).

Объем обрушенных пород изменяется от 1,8 до 602,7 м³ при среднем значении, равном 57 м³, среднеквадратичном отклонении, равном, 59 м³, коэффициенте вариации более 100 % (106 %).

Корреляционное поле зависимости объема обрушенных пород $V_{обр}$ от площади обрушения $S_{обр}$ представлено на рис. 2.

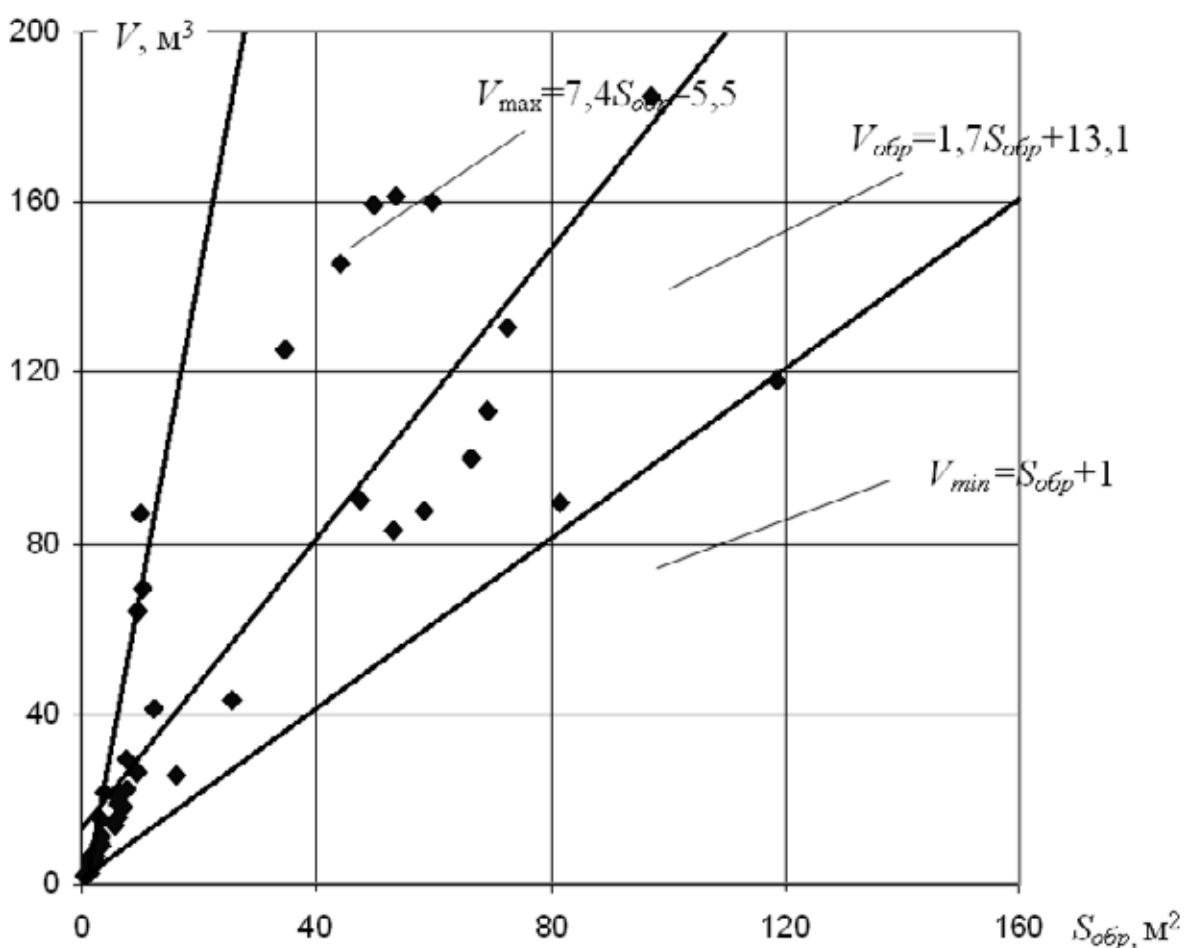


Рис. 2 – Зависимость объема обрушенных пород от площади обрушения Пешеланской гипсовой шахты

Данные расположены в секторе, ограниченном прямыми

$$\begin{aligned} V_{\min} &= S_{обр} + 1; \\ V_{\max} &= 7,4S_{обр} - 5,5. \end{aligned} \quad (3)$$

Коэффициент корреляции между этими величинами равен $r = 0,8$, его ошибка равна $0,05$, а надежность достаточно высокая, так как

$$\mu = \frac{r\sqrt{n}}{1-r^2} = \frac{0,8\sqrt{49}}{1-0,64} = 15,5 \gg 2,6.$$

Таким образом, уравнение регрессии запишется в виде прямой

$$V_{обр} = 1,7S_{обр} + 13,1. \quad (4)$$

Следует отметить, что проблемой вывалообразования на шахтах занимались многие ученые. Во многих разработках авторы стремились раскрыть механизм вывалообразования, дать теоретическую базу его описания и прогнозирования. Необходимость проведения такой оценки вытекает из двух предпосылок:

– во-первых, практикой подтверждается, что утверждения о высокой устойчивости гипсовых обнажений не всегда обосновано, они со временем могут находиться даже в состоянии повышенной опасности;

– во-вторых, необходимость выбора дополнительных решений по повышению устойчивости потолочин камер (анкера, инъектирование) требует количественной и качественной оценки вывалообразования и установления взаимосвязи между факторами, определяющими его.

Важным моментом в изучении этого явления должна быть оценка геомеханической готовности массива к обрушению. Она должна базироваться на совокупном количественном анализе литолого-геомеханических показателей гипсоносных толщ и характеристик развития деформационных процессов при вывалообразовании, раскрывающих его механизм.

Анализ информации по гипсовым шахтам показывает, что высокая литологическая и механическая неоднородность гипсоносных толщ является причиной приконтурной и глубинной неустойчивости породного массива при его обнажении.

Развитие реологических процессов в гипсовом массиве усиливает неустойчивый характер деформирования гипса в потолочине камер. Исходя из этого, можно утверждать, что вывалообразование в камерах гипсовых шахт характеризуется стадийностью: 1-я фаза – обрушение несущего слоя потолочин; 2-я – обрушение защитной пачки гипса над камерой. Возможна также 3-я фаза, при которой обрушение вовлекает в процесс породы налегающей толщи. Проявление второй и третьей фаз крайне опасно, так как может привести к риску возникновения механической неустойчивости выработанного пространства на большой площади.

Анализ обрушений потолочин камер, который был произведен в условиях Артемовской и Пешеланской гипсовых шахт (обследовано всего 65 подземных камер), показал, что важными являются характеристики, которые назовем так:

– удельная масса обрушившихся пород

$$M_v = \frac{V_{\epsilon} \gamma}{S_{\epsilon}}, \quad (5)$$

где V – объем обрушившихся пород; γ – плотность этих пород; S_{ϵ} – площадь обрушения;

– погонная масса обрушившихся пород

$$M_e = \frac{V_{\epsilon} \gamma}{l_{\epsilon}}, \quad (6)$$

где V_{ϵ} – объем обрушившихся пород; l_{ϵ} – длина обрушения.

Входящие в эти формулы характеристики l_{ϵ} , V_{ϵ} , S_{ϵ} , а также полученные по формулам (5) и (6), являются случайными величинами со своими статистическими характеристиками, законами распределений. Расчетные значения M_v и M_e и входящие параметры представлены в табл. 1-3.

Таблица 1 – Параметры обрушений Артемовской гипсовой шахты

№ п/п	Объем, $V, \text{ м}^3$	Площадь $S_v, \text{ м}^2$	Длина, $l_{\epsilon}, \text{ м}$	Уд. масса, $M_v, \text{ кН/м}^2$	Погонная масса, $M_e, \text{ кН/м}$
1	21	18	6,0	2,6	7,7
2	1,4	9,0	3,0	0,3	1,03
3	7,0	21,0	3,0	0,7	5,1
4	7,0	10,5	3,0	1,5	5,1
5	5,0	30,0	5,0	0,4	2,2
6	8,0	24,0	4,0	0,7	4,4
7	4,5	9,0	3,0	1,1	3,3
8	13,3	40,0	10,0	0,7	2,9
9	2,08	6,25	2,5	0,7	1,8
10	10,0	30,0	3,0	0,7	7,3
11	2,0	6,0	2,0	0,7	2,2
12	1,5	4,5	1,5	0,7	2,2
13	3,0	9,0	3,0	0,7	2,2
14	12,0	18,0	3,0	1,5	8,8
15	1,2	4,5	1,5	0,6	1,8
16	12,0	24,0	6	1,1	4,4

Основные статистические характеристики представлены в табл. 3.

Анализ данных таблицы показывает, что размах значений параметров значительный для обеих шахт. Для Пешеланской гипсовой шахты абсолютные значения параметров обрушений значительно выше, что заметно по средним значениям.

Все параметры имеют очень большую вариацию, для Артемовской гипсовой шахты коэффициент вариации больше 0,5, а для Пешеланской гипсовой шахты он иногда больше 1,0.

Таблица 2 – Параметры обрушений Пешеланской гипсовой шахты

$S, \text{ м}^2$	$S, \text{ м}^2$	$V, \text{ м}^3$	$V, \text{ м}^3$	$l_6, \text{ м}$	$l_6, \text{ м}$	$M_v, \text{ кН/м}^2$	$M_v, \text{ кН/м}^2$	$M_{l_6}, \text{ кН/м}$	$M_{l_6}, \text{ кН/м}$
60,0	9,4	160,0	26,2	8,0	11,2	5,87	6,1	44,0	58,6
44,2	7,5	145,9	22,4	6,8	16,7	7,26	6,6	47,2	48,0
58,5	47,4	87,7	90,1	7,5	0,9	3,3	4,18	25,7	44,8
97,2	49,8	184,7	159,4	8,1	1,6	4,18	7,04	50,2	27,1
53,2	58,4	83,2	221,9	7,6	1,7	3,4	8,35	24,1	87,7
107,4	34,8	268,6	125,3	6,8	1,4	5,5	7,9	86,9	61,0
72,8	81,6	131,0	89,8	13,6	4,0	3,96	2,4	51,5	45,9
53,8	69,4	161,3	111,0	4,2	2,5	6,6	3,5	84,5	16,5
25,5	118,6	43,4	118,6	5,0	1,8	3,74	2,2	19,1	21,8
66,6	7,3	99,9	18,2	4,5	2,0	3,3	5,5	48,8	15,6
23,2	2,4	602,3	4,8	6,1	2,5	57,15	4,4	217,3	44,5
6,3	2,2	21,0	5,5	4,2	1,4	7,3	5,5	11,0	6,6
12,4	2,0	41,0	5,8	4,6	1,5	7,3	6,4	19,6	7,1
6,1	16,0	20,0	25,6	3,8	1,8	7,2	3,5	11,6	9,1
6,5	6,25	21,4	15,6	2,6	0,7	7,2	5,5	18,1	14,1
10,2	0,7	87,0	1,8	3,2	0,9	18,8	5,6	59,8	13,7
3,6	1,6	21,6	6,3	2,0	1,2	13,2	8,7	23,8	2,2
9,4	6,2	64,1	18,7	4,1	1,1	15,0	6,6	34,4	7,0
49,4	1,4	494,0	3,1	8,1	7,3	22,0	4,9	134,2	16,5
10,6	1,8	69,2	3,6	2,8	8,3	14,4	4,4	54,4	4,9
1,6	3,2	4,3	15,2	0,4	8,0	5,9	10,45	23,65	5,3
2,4	5,6	6,7	14,0	0,8	6,0	6,1	5,5	18,4	18,6
3,5	1,3	9,1	2,4	1,0	12,0	5,7	4,1	20,0	44,0
3,2		11,3		0,9	1,1	7,8	8,4	27,6	5,9
2,9		9,2		0,6		7,0		33,7	
7,7		29,3							

Статистическая обработка экспериментальных данных предусматривает кроме вычисления основных статистических характеристики, построение гистограмм распределения. На рис. 3 представлены гистограммы основных параметров, характеризующих обрушение пород Пешеланской гипсовой шахты: длина и ширина обрушения, его площадь, объем обрушенных пород, удельная погонная масса обрушающихся пород, вычисленных по (5) и (6). Для описания такого типа эмпирических распределений подходит уравнение

$$y = a \exp\left(\frac{b}{x}\right), \quad (7)$$

где a, b – параметры масштаба и формы кривой.

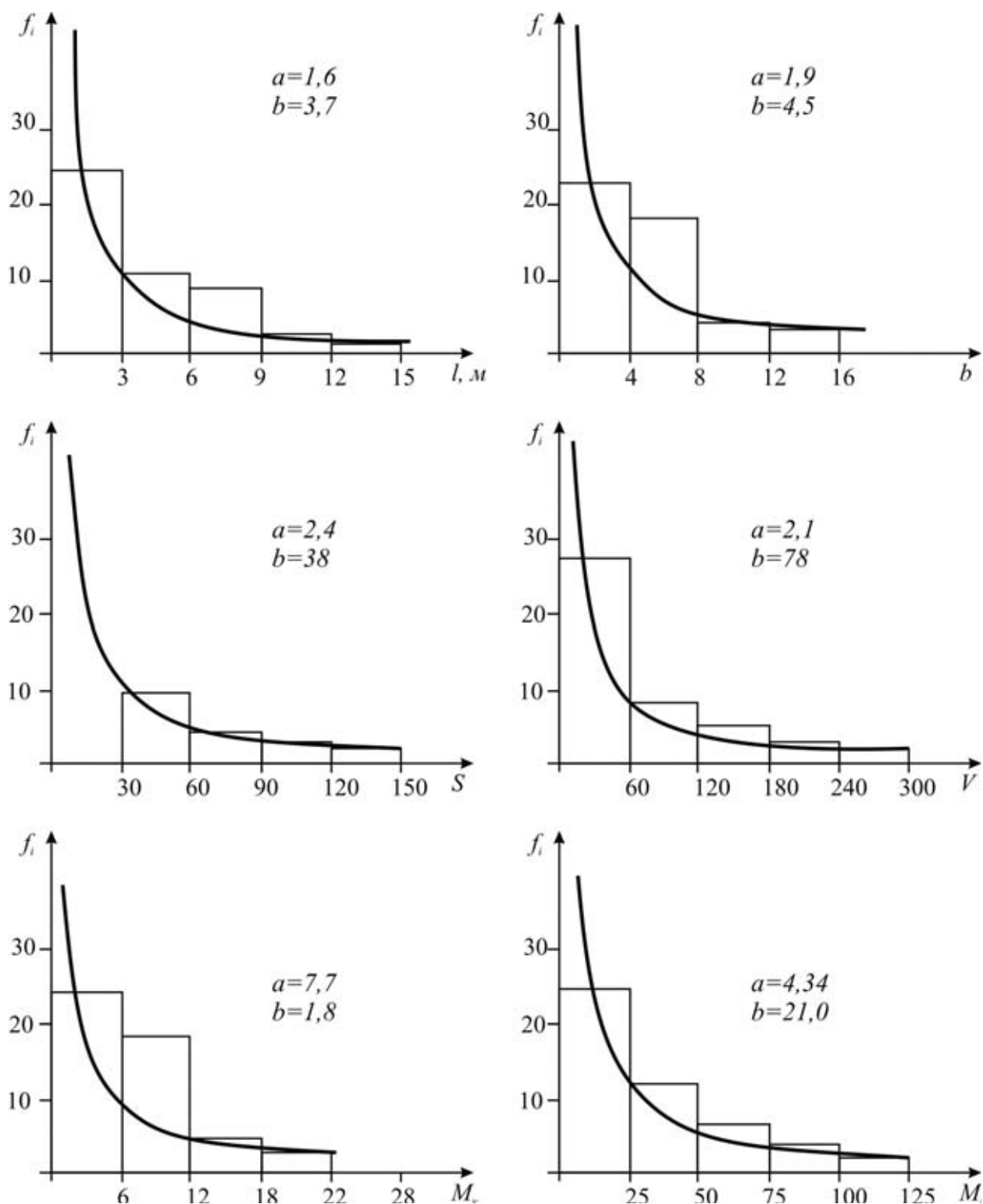


Рис. 3 – Распределение количества обрушений

При $b > 0$ кривая имеет горизонтальную асимптоту $y = a$ и вертикальную при $x = 0$, что соответствует характеру поведения эмпирических данных в области больших и малых значений параметров. Параметр a при фиксированном значении b является предельным значением для исследуемых параметров (длина, площадь обрушения, объем обрушенных пород и т.д.) и регулирует расположение этой кривой по высоте в зависимости от абсолютного значения a .

Параметр b при фиксированном значении a описывает крутизну кривой, отражая характер стремления ее к асимптотическому значению.

Таблица 3 – Статистические характеристики параметров обрушений Артемовской и Пешеланской гипсовых шахт

	$V, \text{ м}^3$	$S_0, \text{ м}^2$	$l_0, \text{ м}$	$M_v, \text{ кН/м}^2$	$M_e, \text{ кН/м}$	Ширина, м
Артемовская гипсовая шахта						
Размах выборки	1,2-21,0	4,5-40,0	1,5-10,0	0,3-2,6	1,3-8,8	2,5-10
Среднее	7,0	16,0	4,0	0,91	4,0	4,4
Средне-квадратичное отклонение	5,4	9,0	3,0	0,54	2,3	2,0
Коэффициент вариации	0,77	0,56	0,75	0,58	0,57	0,45
Пешеланская гипсовая шахта						
Размах выборки	1,8-222,0	0,7-118,6	0,4-16,7	2,2-57,15	2,2-134,2	0,4-15,8
Среднее	57,0	27,2	4,2	7,0	33,0	5,2
Средне-квадратичное отклонение	59,0	31,6	3,4	4,0	26,0	3,7
Коэффициент вариации	1,03	1,16	0,81	0,56	0,8	0,71

Оценка параметров уравнения (7) производится следующим образом. Путем логарифмирования уравнение (7) приводится к линейному виду относительно параметров $\ln a$ и b и линейной зависимости между $\ln y$ и $1/x$:

$$\ln y = \ln a + b/x.$$

С помощью метода наименьших квадратов определяют искомые параметры на основе эмпирических данных.

Значения параметров a и b приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Значения параметров a и b для исследуемых обрушений Пешеланской гипсовой шахты

Длина, l		Площадь, S		Объем, V		Уд.масса, M_v		Пог.масса, M_e		Ширина, b	
a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1,6	3,7	2,4	38,0	2,1	78,0	1,8	7,7	4,3	21,0	1,9	4,5

Аппроксимация эмпирических распределений, выполненная с помощью уравнения (7), показывает удовлетворительную сходимость теоретической кривой с наблюдаемыми частотами.

Задачи статистического изучения параметров обрушения должны быть не только описательного характера, но и нормативного, т.е. необходимо, чтобы статистические исследования приводили к определенным практическим выводам и рекомендациям, выявлению взаимовлияния и взаимозависимости между

теми или иными характеристиками.

Рассмотренный параметр M_v , определяемый по (5), в дальнейшем может использоваться для определения интенсивности пригрузки на анкерную стяжную крепь от вывалообразования, а параметр M_e , определяемый по (6), может быть использован при выборе шага АСК. Эти параметры могут также использоваться при компьютерном моделировании процесса вывалообразования.

УДК 622.83.001.57:622.276.55

Р.А. Дякун

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ РАЗГРУЗКИ В УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ ВОКРУГ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

У роботі викладене моделювання формування динамічної області розвантаження, у вуглепородному масиві, над і під розроблювальним вугільним пластом за вибоєм лави, що рухається.

THE MODEL OPERATION OF FORMING DYNAMIC FIELD RELIEF IN A ROCK MASS AROUND PROPELLED STOPE

In work the model operation forming of propellented field relief of a rock mass above and under a developed bench coal behind of propellented stope of longwall enunciated.

Современные рыночные отношения требуют от всех участников экономической деятельности высокой эффективности производства, а именно: конкурентоспособность производимого товара на рынке услуг, его высокое качество, низкая себестоимость, минимальные вложения в капстроительство, малые энергозатраты, низкая трудоемкость, высокая наукоемкость производства и т.д.

Отечественные флагманы угледобычи, такие как шахта им. А.Ф. Засядько, шахта Красноармейская-Западная №1, шахта Краснолиманская, являются примером того, что можно даже в самых сложных горногеологических условиях добывать уголь высоконагруженными лавами на больших глубинах по выбро-соопасным и высокогазоносным пластам и углепородном массиве горных пород. Но и на предприятиях – флагманах остаются нерешенными проблемы, связанные с опасностью протекания газодинамических явлений и ограничением нагрузки на очистной забой по газовому фактору, что приводит к невозможности максимального использования проектных мощностей современных очистных комплексов.

Ограничения нагрузок на лавы главным образом связано, как это показано в работах [1, 2], с поступлением метана из окружающих разрабатываемый пласт газонасыщенных горных пород, что происходит из-за изменения напряженно-деформированного состояния массива в результате образования пустот при выемке угля. Так же в работе [2] отмечено, что газовыделение главным образом происходит при активном развитии процессов сдвижения углепородного массива вокруг забоя лавы. Автором ставится задача по изучению процессов в уг-