

*к.т.н. Сятковский С.Л.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕБИТА МЕТАНА В ИСХОДЯЩИХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СТРУЯХ ВОЗДУХА ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ АНТРАЦИТОВЫХ ШАХТ**

*Наведено аналіз літературних даних про дослідження закону розподілу дебіту метану у вихідних вентиляційних струменях повітря виїмкових ділянок вугільних шахт. На підставі експериментальних даних отримані розподіли дебіту метану при різних навантаженнях на лаву. Встановлено, що максимальна відповідність нормальному закону розподілу дебіту метану у вихідних вентиляційних струменях повітря виїмкових ділянок антрацитових шахт може досягатися в одних гірничо-геологічних і гірничо-технічних умовах при стабільному навантаженні на лаву.*

Случайный характер шахтных газодинамических процессов определяет и случайный характер его динамических характеристик. Фундаментальной характеристикой случайного процесса является закон распределения случайной величины, устанавливающий вероятность появления того или иного ее значения.

Изучение статистических характеристик шахтных газодинамических процессов, прежде всего законов распределения, было начато в начале 60-х годов в ИГД им. А.А. Скочинского, МакНИИ, МГИ и продолжено затем в ряде других организаций.

Авторами ключевых работ [1-6] на основании теоретических рассуждений и имеющегося на тот период опыта были сделаны неоднозначные выводы о законе распределения дебита метана в исходящих вентиляционных струях воздуха выемочных участков.

Результаты одних исследований позволили сделать вывод об удовлетворительной применимости нормального закона распределения дебита и концентрации метана в шахтных вентиляционных потоках. В то же время были обнаружены и отклонения от нормального закона, в ряде случаев существенные.

На практике, несмотря на большое разнообразие имеющихся видов распределения, особое внимание уделяется нормальному закону. Это, в первую очередь связано с тем, что для него наиболее полно разработан математический аппарат.

Основной характеристикой такого распределения, является плотность вероятности случайной величины  $X$ , которая описывается уравнением:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}}, \quad (1)$$

где  $m_x$  – математическое ожидание величины  $X$ ;  
 $\sigma_x$  – ее среднеквадратическое отклонение.

Применительно к нормальному закону главным условием нормальности распределения дебита метана в исходящих вентиляционных струях воздуха является постоянство среднего уровня газовыделения. В этом случае будет обеспечиваться постоянство математического ожидания ( $m_x$ ) и среднеквадратического отклонения ( $\sigma_x$ ). В свою очередь, неизменность среднего уровня газовыделения возможно при постоянной добыче и горно-геологических условий отработки угольного пласта. Ввиду изменчивости данных параметров в шахтных условиях, можно предположить, что полное соответствие нормальному закону распределения дебита метана можно ожидать в редких случаях.

Этим случаям должны соответствовать постоянные значения  $m_x$  и  $\sigma_x$ . При изменении добычи угля и горногеологических условий данное условие не будет соблюдаться и, следовательно, можно ожидать несоответствие нормальному закону распределения.

До настоящего времени остается неизученной зависимость среднеквадратического отклонения дебита метана при изменении среднего уровня газовыделения (математического ожидания).

От изменения соотношения этих характеристик зависит вероятность превышения заданного уровня газовыделения (концентрации метана) в горной выработке, а следовательно и создание безопасных условий по газовому фактору. Так, например, по изменению соотношения математического ожидания и среднеквадратического отклонения можно судить о коэффициенте неравномерности газовыделения:

– при увеличении математического ожидания и постоянном среднеквадратическом отклонении коэффициент неравномерности будет уменьшаться. Такая зависимость заложена в действующие нормативные документы;

– если среднеквадратическое отклонение увеличивается быстрее, чем растет математическое ожидание, коэффициент неравномерности будет увеличиваться;

– при других соотношениях темпов изменения  $m_x$  и  $\sigma_x$  следует ожидать уменьшение коэффициента неравномерности.

Исходя из теоретического анализа следует, что для создания безопасных условий по газовому фактору, необходимо знать не только среднее значение газовыделения, но и прогнозировать возможные законы распределения. До настоящего времени нормативными документами учитывается только один возможный вариант соотношения  $m_x$  и  $\sigma_x$  из трех. Кроме этого не изучены возможные изменения других параметров распределения.

Учитывая изложенное возникла необходимость проведения шахтных экспериментов с целью установить:

– соответствие нормальному закону распределения дебита метана при постоянной нагрузке на очистной забой в одних горногеологических условиях;

– зависимость среднеквадратического отклонения и других параметров распределения при изменении добычи угля.

Экспериментальная часть работы выполнена в условиях шахты им. газеты «Известия» ГП «Донбассантрацит» при отработке 9-й западной лавы пласта  $l_2^g$  мощностью 0,9 м. Пласт отрабатывался механизированным комплексом МК-97, выемка угля производилась комбайном ИК-101. Участок проветривался по возвратноточной схеме, за время эксплуатации лавы режим вентиляции не изменялся. Газовыделение происходило, в основном, из выработанного пространства и составляло 80÷90% в газовом балансе участка. К анализу привлекли данные непрерывной записи аппаратурой газового контроля концентрации метана в исходящей вентиляционной струе воздуха из очистного забоя после посадки основной кровли и достижения максимального уровня газовыделения из выработанного пространства с шагом квантования 30 мин. Согласно правил безопасности в угольных шахтах датчики были установлены в 10-20 м от очистного забоя у стенки, противоположной выходу из лавы, посередине высоты выработки. Замеры количества воздуха производили периодически. На основании этих данных получены значения абсолютных газовыделений. Наблюдения продолжались около десяти месяцев при эксплуатации участка и были продолжены после остановки очистного забоя.

Время работы выемочного участка разделили на характерные периоды с учетом уровня добычи угля (табл. 1). Учитывая, что в течение месяца сохранялась стабильная нагрузка, рассмотрели процессы газовой динамики за этот период как для отдельного выемочного участка.

Таблица 1 - Сведения о среднесуточной добыче угля и статистических параметрах дебита метана на участке 9-й западной лавы шахты им. газеты "Известия" в разные периоды ее эксплуатации

№ п/п	Период наблюдений	Среднесуточная добыча	Количество наблюдений	Количество метана, м <sup>3</sup> /мин			Стандартное отклонение, $\sigma$	3 $\sigma$	Количество данных, выходящих за пределы $\pm 3\sigma$		Медиана, Me	Максимальное отклонение от Me $\pm 3\sigma$	
				среднее	минимальное	максимальное			-n	+n		- $\Delta$	+ $\Delta$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	14.06.85-30.06.85	907	750	7,55	3,23	17,28	1,92	5,76	0	3	7,37	-1,62	4,15
2	1.07.85-31.07.85	818	1488	6,37	2,42	12,53	1,72	5,16	0	8	6,32	-1,26	1,05
3	1.08.85-31.08.85	727	1478	6,58	3,23	12,50	1,52	4,56	0	7	6,45	-1,34	1,49
4	1.09.85-30.09.85	425	1198	5,25	2,45	12,04	1,30	3,90	0	14	5,04	-1,31	3,10
5	1.10.85-31.10.85	382	1488	4,82	2,91	7,74	0,81	2,43	0	3	4,81	-0,53	0,50
6	1.11.85-30.11.85	282	1440	5,07	2,51	9,43	0,96	2,88	0	8	5,02	-0,37	1,53
7	1.12.85-31.12.85	201	1488	4,33	2,68	6,42	0,63	1,89	0	1	4,31	-0,26	0,22
8	1.01.86-31.01.86	198	1488	4,94	1,44	8,62	0,78	2,34	1	9	4,79	1,01	1,49
9	1.02.86-28.02.86	48	1344	3,13	1,43	4,90	0,65	1,95	0	0	3,19	-0,19	-0,24
10	1.03.86-13.03.86	0	889	2,29	1,34	3,02	0,35	1,05	0	0	2,26	-0,13	-0,29

С другой стороны обработку ластва в данном случае за отдельные периоды приняли как эксплуатацию нескольких участков с разной добычей в одних горногеологических условиях. Изменение средней добычи в разной степени влияло на изменение минимального, среднего и максимального дебита метана. Это определило отличительные признаки распределения абсолютного уровня газовыделения за каждый характерный период обработки выемочного участка.

Анализ экспериментальных данных показал (см. табл. 1), что большим абсолютным значениям уровня газовыделения соответствуют большие стандартные отклонения (рис. 1).

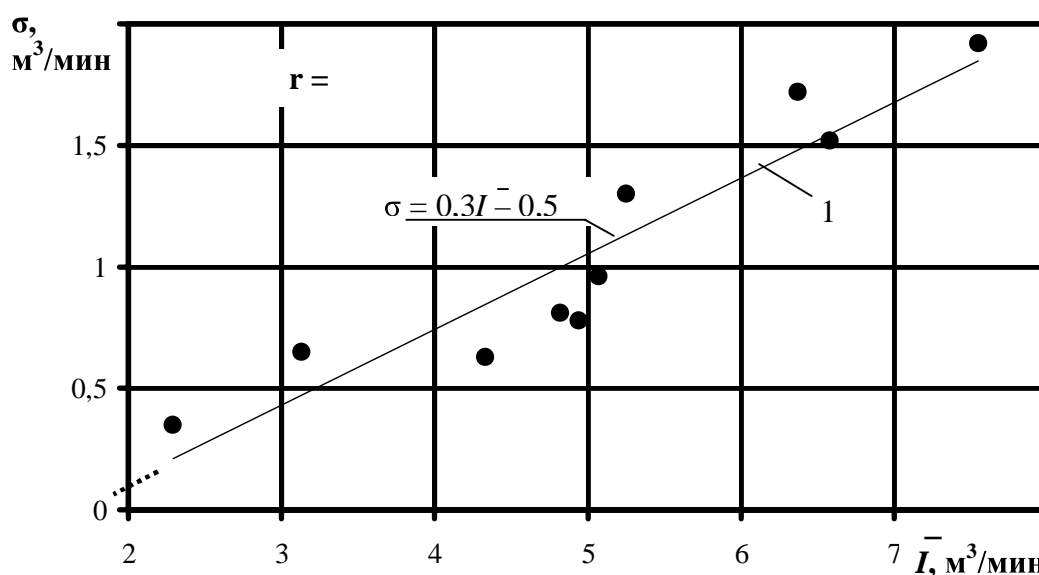


Рисунок 1 - Зависимость стандартных отклонений ( $\sigma$ ) от среднего дебита метана ( $\bar{I}$ ) в исходящей вентиляционной струе воздуха 9-й западной лавы пласта  $l_2^a$  шахты им. газеты “Известия” ГП “Донбассантрацит”: 1 – осредняющая прямая;  $r$  – коэффициент парной корреляции; ● – экспериментальные данные.

Изменение характеристик распределения дебита метана от уровня добычи угля хорошо иллюстрируется графиками (рис. 2). Снижение среднесуточной добычи угля с 907 до 0 т привело к снижению среднего абсолютного уровня газовыделения в три раза, а стандартное отклонение при этом уменьшилось в пять раз. Такое непропорциональное изменение статистических характеристик предопределило соответствующее отклонение фактических параметров распределения дебита метана по отношению к нормальному закону.

Согласно экспериментальным данным при увеличении уровня газовыделения возрастает правосторонняя асимметрия. Это приводит к существенному превышению текущими значениями дебита метана верхней положительной границы «трех сигм», рассчитанной в предположении соответствия нормальному закону распределения.

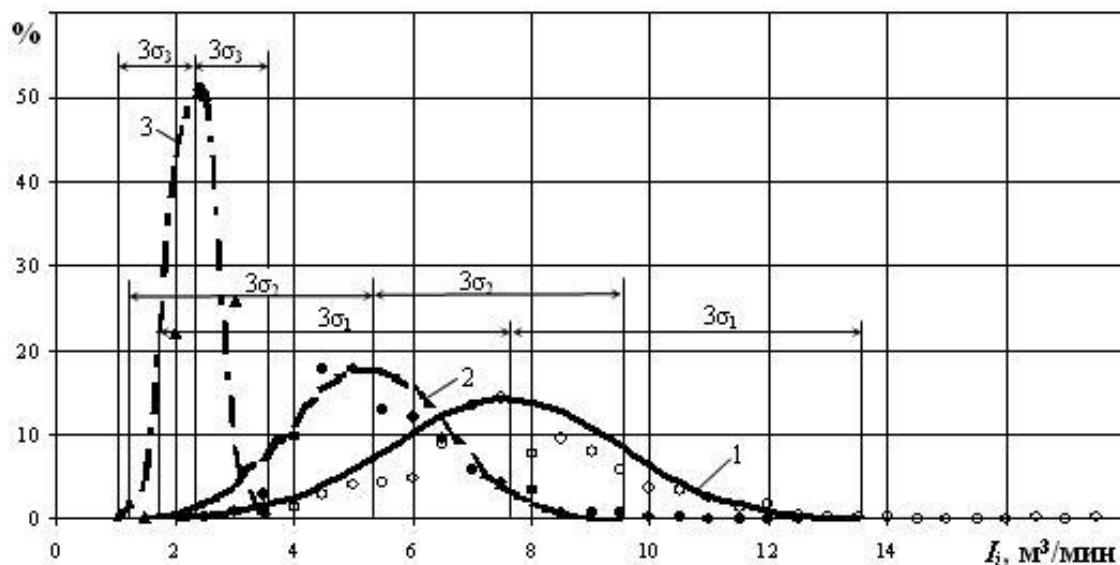


Рисунок 2 - Распределение дебита метана ( $I_i$ ) в исходящей вентиляционной струе воздуха 9-й западной лавы шахты им. газеты «Известия» ГП «Донбассантрацит»:

1, 2, 3 – теоретические кривые нормального распределения, рассчитанные соответственно при среднесуточной добыче угля 907, 425 и 0 т;

$\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  – стандартные отклонения дебита метана для нормального закона распределения, соответственно при среднесуточной добыче угля 907, 425 и 0 т;

○, ●, ▲ – фактические экспериментальные данные распределения, соответственно при добыче угля 907, 425 и 0 т.

Для газовыделения из выработанного пространства не подтвердилась гипотеза о наличии существенной правосторонней асимметрии при сравнительно небольшом абсолютном газовыделении. При снижении среднесуточной добычи угля менее 48 т правосторонняя асимметрия исчезла, что подтверждается отсутствием превышения текущими значениями уровня газовыделения положительной верхней границы «трех сигм» (см. табл. 1).

Снижение среднесуточной добычи угля менее 200 т привело к появлению незначительной левосторонней асимметрии и к выходу за

нижнюю (отрицательную) границу «трех сигм» некоторых текущих значений дебита метана.

Отсутствие правосторонней и появление левосторонней асимметрии свидетельствуют, что максимальное соответствие нормальному закону распределения с учетом этого параметра может достигаться в одних горнотехнических и горногеологических условиях при обеспечении добычи угля на некотором постоянном уровне. Отклонение добычи угля в сторону ее увеличения или уменьшения вызывает соответственно право- или левостороннюю асимметрию фактического распределения дебита метана в исходящих вентиляционных струях воздуха выемочных участков.

Результаты фактического распределения дебита метана в исходящей вентиляционной струе воздуха выемочного участка 9-й западной лавы при разных уровнях добычи угля и преимущественном газовыделении из выработанного пространства не соответствуют большинству научных положений [2, 3].

Отличие результатов вызвано тем, что авторы указанных работ не учитывали газовыделение из выработанных пространств и его колебания. Изменение уровня газовыделения в исходящих вентиляционных струях воздуха увязывалось, в основном, с работой выемочных механизмов в отдельные смены. В большинстве случаев к совместной статистической обработке привлечены результаты трехсуточных газовых съемок, проведенных на выемочных участках с разным уровнем метановыделения и добычи угля. Такой подход является не совсем корректным, так как параметры фактического распределения дебита метана отдельных объектов могли существенно отличаться между собой. Кроме того, по результатам трехсуточных газовых съемок невозможно достоверно судить о процессе газовыделения из выработанного пространства, продолжительность которого под влиянием сдвижения подработанных пород может составлять несколько месяцев.

Проведенные исследования позволили, в некоторой степени, раскрыть механизм формирования отдельных параметров распределения абсолютного уровня газовыделения и сделать следующие выводы:

– при преимущественном газовыделении из выработанного пространства параметры закона распределения дебита метана в исходящих вентиляционных струях воздуха выемочных участков зависят от интенсивности и стабильности отработки пласта;

– максимальное соответствие нормальному закону распределения дебита метана в исходящих вентиляционных струях выемочных участков может достигаться в одних условиях при определенном уровне ста-

бильной добычи угля. Отклонение добычи угля в сторону ее увеличения или уменьшения вызывает соответственно право- или левостороннюю асимметрию;

– большим абсолютным значениям газовыделения соответствуют большие значения коэффициентов неравномерности.

*Приведен анализ литературных данных об изучении закона распределения дебита метана в исходящих вентиляционных струях воздуха выемочных участков угольных шахт. На основании экспериментальных данных получены распределения дебита метана при различных нагрузках на лаву. Установлено, что максимальное соответствие нормальному закону распределения дебита метана в исходящих вентиляционных струях воздуха выемочных участков антрацитовых шахт может достигаться в одних горно-геологических и горно-технических условиях при стабильной нагрузке на лаву.*

*There was made the analysis of literary data about the law of methane output distribution in outgoing vent currents of air coal mines' gates. On the base of experimental data there was obtained methane output distribution under the different face loads. There was determined that maximum conformity with normal law methane output distribution in outgoing vent currents of air anthracite mines' gates can reach in the same mining geological conditions under the stable face load.*

### **Библиографический список.**

1. Анненков Б.А. Неравномерность газовыделения в лавах угольных шахт // Научные сообщения ИГД им. И.А. Скочинского, том XVIII.- М.:Гос. НТИ литературы по горному делу, 1963.- С. 39-52.
2. Ефремов К.А., Дубов А.И. Газообильность каменноугольных шахт.- М.: Недра, 1974.- 208 с.
3. Колотовкин Л.Д. Неравномерность метановыделения при разработке крутых и наклонных пластов на шахтах Кузнецкого бассейна.- В кн. Вопросы безопасности в угольных шахтах.- М., 1967, т.8.- С.3-13.
4. Осипов С.Н. Метановыделение при разработке пологих угольных пластов.- М.:Недра, 1964.- 256 с.
5. Маляревский В.М., Кизряков А.Д. О применимости нормального закона распределения к метановыделению в очистные выработки // Изв. Вузов. Горный журнал.- № 11, 1968.- С. 91-92.
6. Пигида Г.Л. Вероятностные характеристики газовых процессов на очистных участках газовых шахт Львовско-Волынского бассейна // Изв. Вузов. Горный журнал.- № 5, 1972.-С.75-79.