

С.М. Горбунов,  
Угольный департамент ОАО «Испат Кармет»,  
Казахстан

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ПАРАМЕТРОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КОНДИЦИОННОГО ШАХТНОГО  
МЕТАНА ИЗ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ПО  
ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ**

*Проведені теоретичні та експериментальні дослідження параметрів вилучення шахтного метану з дегазаційних свердловин гідророзчленуванням пласта.*

**THE THEORETICAL AND EXPERIMENTAL GROUND OF  
PARAMETERS OF THE EXTRACTION OF THE CONDITIONED  
MINE METHANE FROM GEOTECHNICAL WELLS ACCORDING  
TO THE PROBABILISTIC-STATISTICAL CRITERIA**

*Theoretical and experimental researches of parameters of the extraction of the mine methane from degassing wells by hydraulic division of a seam were conducted.*

Теоретические и экспериментальные исследования дегазационных скважин гидрорасчленения пласта (ГРП) по пласту  $d_6$  в пределах шахтного поля шахты им. В. И. Ленина как геотехнологических с целью извлечения шахтного метана могут характеризоваться нормированной корреляционной функцией стационарного процесса поступления метана. Эти исследования были проведены по группе скважин ГРП №№ 16-22 в пределах шахтного поля шахты им. В. И. Ленина и №№ 23-25 - шахты "Казахстанская" за период с декабря 1998 года и по июль 2001 года. В большинстве случаев, исключая нехарактерные проявления в процессе самоистечения метана из геотехнологических скважин, можно считать, что эти процессы имеют устойчивый режим газовыделения.

Полное вероятностно-статистическое описание поступление метана из скважин при случайном и прерывистом во времени процессе оценивается: а) средним значением дебита за период непрерывного поступления метана из скважины; б) степенью выброса отдельных значений поступлений метана относительно их средних; в) динамическими свойствами; г) периодами непрерывного поступления и отсутствия метана из скважины. Статистические характеристики определяются за различные внутрисменные и внутрисменные периоды времени на основе теории случайных функций.

Анализ экспериментальных данных по скважинам ГРП №№ 16,18,19 и 20 позволяет утверждать, что с течением времени процесс имеет тенденцию к повышению средней величины дебита шахтного метана. Процесс

извлечения протекает во времени приблизительно однородно и имеет вид непрерывных случайных колебаний вокруг некоторого среднего значения. При этом ни средняя амплитуда, ни характер этих колебаний не имеют сколь-либо больших отклонений или изменений с течением времени. Такой процесс по теории случайных функций можно отнести к стационарному. При этом корреляционная функция очень слабо, почти не зависит от начального момента времени  $t$ , а зависит только от промежутка  $-(t-t')=\tau$ . Исследование непрерывных реализаций позволяет оценить статистические характеристики метанопотока - математическое ожидание  $m(t)$ , дисперсию  $D(t)$  или среднее квадратическое отклонение  $\sigma(t)$ , корреляционную функцию  $R(t-t')$  и спектральную плотность  $\omega(\tau)$  согласно теории случайных функций.

По экспериментальным геотехнологическим скважинам по шахте им. В.И. Ленина №№ 16-22 и по шахте Казахстанская №№ 23-25 исследуемые статистические функции приведены в табл. 1.

Таблица 1

Шахты	№№ скважин	Статистические функции
им. В.И. Ленина	15	$(0,172+5,8\omega^2)^{-1}$
	16	$(0,19+6,37\omega^2)^{-1}$
	18	$(0,248+6,21\omega^2)^{-1}$
	19	$(0,098+9,8\omega^2)^{-1}$
	17	$(0,296+5,9\omega^2)^{-1}$
	21	$(0,36+6,0\omega^2)^{-1}$
	22	$(0,34+5,68\omega^2)^{-1}$
Казахстанская	23	$(0,230+7,63\omega^2)^{-1}$
	24	$(0,326+6,53\omega^2)^{-1}$
	25	$(0,48+5,38\omega^2)^{-1}$

Непротиворечивость аппроксимируемых зависимостей экспоненциальному распределению подтверждается статистическим критерием  $\chi^2$ -Пирсона. Нормированная корреляционная функция процесса непрерывного поступления из скважин метана адекватно описывается по экспоненциальному закону. Экспоненциальность функции свидетельствует в пользу эргодичности исследуемых процессов, так как при  $\tau \rightarrow \infty$  корреляционная функция сходится к нулю. Для автоматизированного контроля и управления технологическими процессами непрерывного поступления метана могут оказаться недостаточными установленные статистические характеристики математического ожидания, среднего квадратического отклонения и корреляционной функции.

При автоматическом регулировании режима процесса по дебиту метана и его концентраций, например, с целью аккумуляции газа в скважине или пласте, необходима оценка по спектральной плотности  $S_u(\omega)$ . Для стационарного непрерывного процесса, каковыми являются исследуемые нами потоки метана из скважин, этот статистический параметр (СП) можно определить по теории случайных функций аналитически, преобразованием Фурье согласно теории случайных функций.

Нормированная спектральная плотность:

а) для скважины №1:

$$S_u(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \exp(-a_n \cdot \tau) \cos(\omega \cdot \tau) d\tau \quad (1)$$

где:  $a_n$  - параметр СП.

В табл. 2 приведены спектральные плотности согласно формуле (1).

Для процесса газовыделения из скважин режиме самоистечения и без вакуумирования при извлечении шахтного метана характерными являются:

- колебания вокруг среднего его значения и относительная устойчивость за длительный период извлечения (от 3-4 месяцев и до нескольких лет), т. е. стационарность;

- имеющиеся флуктуации процесса самоистечения (всплески, внезапное прекращение истечения метана и пр.) связаны с геомеханическими проявлениями пласта  $d_6$  в газугольном массиве;

- дебит выделяющегося из скважин метана имеет тенденцию увеличения на начальном этапе освоения.

Вероятностно- статистический анализ опытных данных по скважинам по шахте им. В.И. Ленина №№ 15-22 и по шахте Казахстанская №№ 23-25 показывает, что плотность распределения промежутков времени непрерывного поступления метана описывается адекватно по экспоненциальному закону.

При непрерывности поступления кондиционного метана из скважины ГРП как стационарного и случайного процесса, обладающего свойствами эргодичности, закономерным является экспоненциальность корреляционной функции. Эти свойства, установленные вероятностно-статистическими исследованиями большого объема экспериментальных данных по этим скважинам в производственных условиях, характеризуются ординарностью и отсутствием последействия.

Данные исследования показывают, что при учете параметров стабильности газовыделения скважины ГРП являются достаточно надежными источниками газа.

**Вероятностно-статистические характеристики  
газопотоков из скважин**

Геотехнологические скважины по шахтам	Статистические характеристики метанопотока		Статистические функции метанопотока		Концентрация метана, % CH <sub>4</sub>
	МО, м <sup>3</sup> /мин	СКО, м <sup>3</sup> /мин	НКО	СП	
<b>1.Им. Ленина</b>					
<b>№15</b>	<b>0,32</b>	<b>0,26</b>	<b><i>exp (-0,05τ)</i></b>	$\frac{0,172}{0,06+\omega^2}$	<b>96</b>
<b>№16</b>	<b>0,03</b>	<b>0,007</b>	<b><i>exp (-0,001τ)</i></b>	$\frac{0,157}{0,03+\omega^2}$	<b>65</b>
<b>№18</b>	<b>0,28</b>	<b>0,23</b>	<b><i>exp (-0,06τ)</i></b>	$\frac{0,161}{0,04+\omega^2}$	<b>82</b>
<b>№19</b>	<b>0,11</b>	<b>0,09</b>	<b><i>exp (-0,01τ)</i></b>	$\frac{0,102}{0,01+\omega^2}$	<b>71</b>
<b>№20</b>	<b>0,14</b>	<b>0,08</b>	<b><i>exp (-0,01τ)</i></b>	$\frac{0,117}{0,01+\omega^2}$	<b>73</b>
<b>№17</b>	<b>0,21</b>	<b>0,13</b>	<b><i>exp (-0,03τ)</i></b>	$\frac{0,169}{0,05+\omega^2}$	<b>89</b>
<b>№21</b>	<b>0,22</b>	<b>0,16</b>	<b><i>exp (-0,03τ)</i></b>	$\frac{0,166}{0,06+\omega^2}$	<b>86</b>
<b>№22</b>	<b>0,28</b>	<b>0,19</b>	<b><i>exp (-0,05τ)</i></b>	$\frac{0,176}{0,06+\omega^2}$	<b>91</b>
<b>2. Казахстанская</b>					
<b>№23</b>	<b>0,32</b>	<b>0,19</b>	<b><i>exp (-0,06τ)</i></b>	$\frac{0,181}{0,08+\omega^2}$	<b>92</b>
<b>№ 24</b>	<b>0,2</b>	<b>0,10</b>	<b><i>exp (-0,02τ)</i></b>	$\frac{0,158}{0,05+\omega^2}$	<b>93</b>
<b>№ 25</b>	<b>0,58</b>	<b>0,24</b>	<b><i>exp (-0,07τ)</i></b>	$\frac{0,186}{0,09+\omega^2}$	<b>92</b>