

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – Киев: Гос. Комитет Украины по надзору за охраной труда, 1994. - 312 с.
2. Паспорт проведения и крепления вентиляционного ходка газового горизонта. – Донецк: шахте им. А.Ф. Засядько, ВТБ, 2003. – 29 с.
3. Вентиляционный журнал (форма 2). – Донецк: шахта им. А.Ф. Засядько, ВТБ, 1996. – 100 с.
4. Сборник инструкций к правилам безопасности в угольных шахтах. – Киев: Гос. Комитет Украины по надзору за охраной труда, 1996. – 207 с.
5. Романов В.А. Теория ошибок и способов наименьших квадратов. – М.: Учтехиздат, 1962. – 368 с.

**УДК 622.831.325.3**

**Б.В. Бокий, О.И. Касимов**

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЕГАЗАЦИИ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ**

Проанализовано схемы дегазації виробленого простору, проведено оцінку їх ефективності. Зроблено висновки відносно придатності існуючих схем дегазації для розрахунку параметрів режиму роботи дегазаційної системи.

### **THE PROJECTING AND EFFECTIVE APPLICATION DEGASSING OF MAKED SPACES**

The schemes degassing of the maked spaces were analyzed, an estimate of its effectivity were took. The conclusions relatively suitability of existed schemes of degassing for the calculation parameters of regime work of degassing system were maked.

При столбовой системе разработки с погашением выработок за очистным забоем дегазация выработанного пространства осуществляется путем отсасывания газовой смеси по трубопроводу, оставляемому в неподдерживаемой вентиляционной выработке. Данный способ разработан и нашел широкое применение на шахте им. А.Ф. Засядько при применении возвратно-точных схем проветривания наряду с обычным способом дегазации с помощью скважин. Опыт применения такого способа показывает, что эффективность его находится в пределах 10-80%. Метода проектирования в действующих нормативах нет, поэтому нельзя заранее определить какой эффект может быть получен в конкретных условиях. Сложность проектирования заключается в не изученности распределения метана и воздуха в погашаемой выработке, а следовательно, в отсутствии сведений о содержании метана в местах расположения всасывающих концов газопровода. Исследования, проведенные на электрических и физических моделях выемочных участков, дают лишь качественную картину распределения воздуха в выработанном пространстве [1-4]. Количественные зависимости получены при натурных исследованиях [5], когда удалось измерить расход воздуха и распределение содержания метана в поперечных сечениях вентиляционных выработок, крепь из которых не извлекалась, и выработки были доступны для исследователей. При этом установлено, что метан поступает в вентиляционную выработку не только с утечками воздуха через выработанное пространство, но и непосредственно по трещинам в кровле на границе с угольным целиком или уплотнившимися породами в смежных отработанных лавах.

Содержание метана в части выработки, примыкающей к стороне, противоположной выходу из лавы, всегда значительно превышает среднее по сечению.

Движение воздуха в выработанном пространстве и выделение метана из кровли зависят от горно-геологических и горно-технических условий отработки пластов, поэтому содержание метана в выработке за лавой на одинаковом расстоянии от очистного забоя в различных условиях может существенно отличаться. Установлено, что распределение воздуха в выработанном пространстве зависит от крепости пород в зоне беспорядочного обрушения. Величина утечек и глубина их распространения по завалу увеличивается с увеличением крепости пород кровли.

Зависимость утечек воздуха от расстояния до очистного забоя хорошо описывается уравнением:

$$Q_x = \left(1 - \frac{1}{K_{ум.в}}\right) \cdot Q_{уч} \cdot e^{-(4-0,3\bar{f})10^{-2} \cdot X}, \quad (1)$$

где  $K_{ум.в}$  - коэффициент утечек воздуха, определяемый экспериментально или рассчитываемый по /6/;  $Q_{уч}$  - расход воздуха, поступающего на участок, м<sup>3</sup>/мин;  $\bar{f}$  - средневзвешенный по мощности коэффициент крепости пород кровли (по проф. Протодюконову М.М.) на расстоянии восьми мощностей вынимаемого пласта;  $X$  - расстояние от очистного забоя, м.

Изменение метановыделения из кровли от расстояния до очистного забоя зависит в основном от расположения подрабатываемых угольных пластов относительно разрабатываемого.

$$I_x = I_{ен} \cdot \left(\frac{X}{L} + 1\right) \cdot e^{-\frac{X}{L}}, \quad (2)$$

где  $I_{ен}$  - общее метановыделение в выработанное пространство, определяемое для действующих лав экспериментально, для проектируемых по /6/;  $L$  - расстояние от очистного забоя, на котором наблюдается максимальное выделение метана из сближенных пластов, м [6]

$$L = 9 + 0,81 M_{ср}, \quad (3)$$

где  $M_{ср}$  - средневзвешенное по мощности расстояние до сближенных пластов, м.

Содержание метана на различном расстоянии от очистного пространства равно:

$$C_x = \frac{100I_x}{I_x + Q_x}, \% \quad (4)$$

В зависимости от условий могут применяться две схемы дегазации выработанного пространства.

При крепких (не склонных к вспучиванию) породах почвы, когда положенный на неё трубопровод не разрушается, устанавливают на газопроводе один вертикальный отросток “свечу” в районе монтажной камеры, обкладывают её клетью, крепь в этом месте усиливают. “Свечу” соединяют газопроводом с вакуум-насосом. По мере подвигания лавы контролируют содержание метана в газопроводе и в тупике погашаемой выработки. После посадки основной кровли и стабилизации газовыделения на участке включают вакуум-насос.

При слабых (вспучивающихся) породах почвы такой способ не может быть применен, так как герметичность газопровода нарушается. В этом случае “свечи” с некоторым интервалом устанавливают на газопроводе, защищая их от разрушения. По мере увеличения расстояния между “свечей” и очистным забоем содержание метана в отсасываемом по ней газе возрастает и эффективность дегазации увеличивается. В этом случае отсасывание газа происходит по нескольким “свечам”. Достоинством первого способа является более высокая эффективность, так как “свеча” постоянно находится в зоне высоких концентраций метана, недостатком - меньшая надежность из-за возможности повреждения газопровода.

Второй способ более надежен, но менее эффективен, так как ближайшая к очистному забою “свеча”, по которой отсасывается наибольшее количество газовой смеси, находится в области низких концентраций метана. Эффективность дегазации изменяется по мере изменения положения этой “свечи”. Поэтому целесообразно в начальном периоде работы лавы применять первый способ. Если концентрация метана в отсасываемом газе через какое-то время снизится (это свидетельствует о повреждении газопровода), нужно переходить на второй способ.

На шахтах, где выработанного пространства проектируется впервые, известна необходимая эффективность дегазации, требуется определить параметры дегазационной системы и режим её работы, которые обеспечат такую эффективность.

На шахтах, имеющих систему для дегазации выработанного пространства, возникает задача определения эффективности дегазации, которую эта система может обеспечить в новых лавах. Рассмотрим методы решения этих задач.

При проектировании дегазации по первой схеме расчет производится в следующем порядке:

Определяют дебит метана, который необходимо каптировать для достижения требуемой эффективности дегазации

$$I_x = I_{en} \cdot K_{д.в.п.} \quad (5)$$

Из уравнения (2) определяют расстояние  $X$ , с которого газ необходимо забрать в газопровод.

По формуле (1) рассчитывают расход воздуха ( $Q_{ум.х}$ ), который при этом будет засасываться в газопровод.

Общий расход газовой смеси, забираемой в газопровод, равен:

$$Q_{св} = I_x + Q_{ут.х} \quad (6)$$

В соответствии с “Руководством по дегазации угольных шахт” рассчитывают диаметр газопровода, обеспечивающего требуемую пропускную способность.

При имеющейся дегазационной системе, когда расход газовой смеси, отсасываемой по “свече”, известен, эффективность дегазации рассчитывается методом последовательного приближения. На первом этапе принимают:

$$Q_x = Q_{внс},$$

где  $Q_{внс}$  - расход газовой смеси на всасывающем конце газопровода.

Из уравнения (1) находят значение  $X$  и, подставив его в (2), вычисляют  $I_x$  и величину утечек воздуха, засасываемых в газопровод:

$$Q_{ут.х} = Q_{внс} - I_x \quad (7)$$

Далее цикл вычислений повторяют до стабилизации значений  $I_x$ . Искомый коэффициент эффективности дегазации выработанного пространства равен :

$$K_{д.с.п} = \frac{I_x}{I_{вн}} \quad (8)$$

где  $I_{вн}$  - метановыделение из выработанного пространства, м<sup>3</sup>/мин.

При второй схеме дегазации необходимо знать распределение отсасываемой газовой смеси между “свечами”. Учитывая, что давление газа по длине выработки в зоне расположения “свечей” изменяется несущественно, примем давление на всасывающих концах “свечей” одинаковым, тогда весь трубопровод можно рассматривать как систему отрезков его, соединенных последовательно и параллельно (рис.1)

Это позволяет заменить сложное соединение системы труб одной трубой длиной от первой “свечи” до вакуум-насосной станции (ВНС), диаметр которого равен эквивалентному диаметру всего соединения. Последний определяется путем расчетов эквивалентных диаметров последовательно и параллельно соединенных труб. При последовательном соединении эквивалентный диаметр равен:

$$d_{э} = \left( \frac{(d_{п.п.n-1} \cdot d_{п.n-1})^{5,33} (l_{n-1} \cdot l_n)}{l_{n-1} \cdot d_{п.n-1}^{5,23} + l_n \cdot d_{п.п.n-1}^{5,33}} \right)^{0,187} \quad (9)$$

где  $n$  - номер “свечи”, считая от всасывающего конца;  $d_{п.п.n-1}$  - эквивалентный диаметр параллельного соединения на участке трубы, предшествующем участку, для которого определяется эквивалентный диаметр ( $d_{эn}$ ), м;  $d_m$  - диаметр га-

зопровода, м;  $l_{n-1}$  - длина газопровода от первой “свечи” до участка, для которого определяется диаметр, м;  $l_n$  - длина участка газопровода, соединенного последовательно с системой труб, для которых ранее определен эквивалентный диаметр, м.

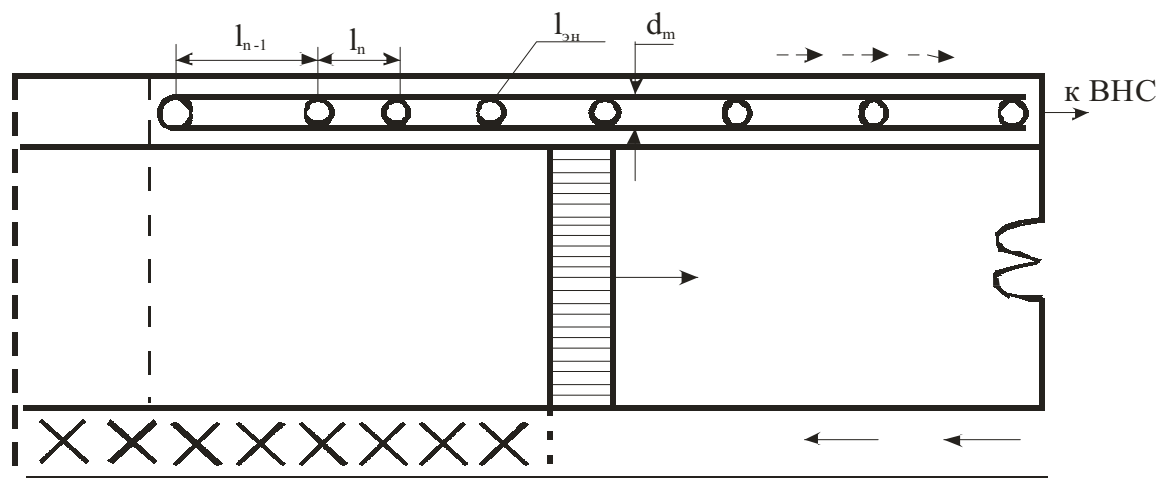


Рис.1 - Схема газопровода

Например, если определяется эквивалентный диаметр труб от пункта 1 до пункта 3' (см.рис.1), то:  $n = 3$ ;  $d_{пр.(n-1)}$  - эквивалентный диаметр двух параллельно соединенных скважин (1-2' и 2'-2');  $l_{n-1}$  - длина газопровода от пункта 1 до 2';  $l_n$  - длина газопровода на участке 2'-3'.

При параллельном соединении труб эквивалентный диаметр равен:

$$d_{эн} = \frac{(d_{nc.n-1}^{2,67} \cdot l_c^{0,5} + d_c^{2,67} \cdot l_{n-1}^{0,5})^{0,375} \cdot l_{n-1}^{0,187}}{(l_c \cdot l_{n-1})^{0,187}}, \quad (10)$$

где  $d_{п.с.n-1}$  - эквивалентный диаметр предыдущего последовательного соединения труб, м;  $l_c$  - длина “свечи”, м;  $d_c$  - диаметр “свечи”, м;  $l_{n-1}$  - длина участка перед (по ходу струи газа)  $n$ -ой “свечей”.

Последний эквивалентный диаметр определяется как последовательное соединение участка газопровода со “свечами” и газопровода, соединяющего “свечи” с ВНС. В результате расчетов получается эквивалентный диаметр всего газопровода от самой дальней “свечи” до ВНС. Это позволяет определить подачу вакуум-насосов путем совместного решения уравнений, описывающих характеристики сети и вакуум-насосов .

$$P_n = \sqrt{P_6^2 - \frac{4,8 \cdot 10^{-5} l_m \cdot \gamma \cdot Q_n^2}{d_{э.м.}^{5,33}}} \quad (11)$$

$$P_n = \sqrt{P_6^2 - \frac{4,8 \cdot 10^{-5} l_m \cdot \gamma \cdot Q_n^2}{d_{э.м.}^{5,33}}}, \quad (12)$$

где  $P_n$  - давление во всасывающей патрубке насоса, мм рт.ст.;  $Q_{внс}$  - подача вакуум-насосов, м<sup>3</sup>/мин;  $P_6$  - барометрическое давление, мм рт.ст.;  $l_m$  - общая длина газопровода от первой “свечи” до ВНС, мм;  $\gamma$  - плотность газа кг/м<sup>3</sup> (учитывая, что содержание метана, как правило, находится в пределах 20-40%, можно принять  $\gamma = 1,0$  кг/м<sup>3</sup>);  $d_{э.м.}$  - эквивалентный диаметр всего газопровода, м;  $K_1$  и  $K_2$  – коэффициенты, равные: при насосах ВВН-2-50  $K_1 = 38$ ;  $K_2 = 14,4$ , при ВВН-2-150  $K_1 = 114$ ;  $K_2 = 4,3$ ;  $K_n$  - количество одновременно работающих насосов

Расчёт газа по каждой “свече” производят начиная от последней (ближайшей к лаве), двигаясь навстречу потоку. Давление газа в трубопроводе в месте соединения его с любой (n-ой) “свечей” можно описать двумя уравнениями:

$$m_n = \sqrt{m_{\dot{x}}^2 - \frac{4,8 \cdot 10^{-5} \cdot l_c \left( Q_c - \sum_1^{n-1} Q_{ci} \right)^2}{d_c^{5,33}}} \quad (13)$$

$$P_n = \sqrt{P_6^2 - \frac{4,8 \cdot 10^{-5} (l_c + (n-1)r) \left( \sum_1^{n-1} Q_{ci} \right)^2}{d_{nc.n-1}^{5,33}}}, \quad (14)$$

где  $Q_m$  - расход газа в трубопроводе за “свечей” (по потоку), для которой производится расчет (при расчете расхода в последней “свече” (ближайшей к лаве)  $Q_m = Q_{внс}$ , то есть равен подаче вакуум-насоса, м<sup>3</sup>/мин);  $\sum_1^{n-1} Q_{ci}$  - суммарный расход газа по “свечам”, предшествующим той, для которой рассчитывается расход, м<sup>3</sup>/мин;  $r$  - интервал между “свечами”, м.

Решив уравнения (13) и (14) относительно  $\sum_1^{n-1} Q_{ci}$ , имеем:

$$\sum_1^{n-1} Q_{ci} = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 + \alpha \cdot Q_c}, \quad (15)$$

где 
$$\alpha = \frac{l_c \cdot d_{nc.n-1}^{5,33} \cdot Q_c}{(l_c + (n-1)r) \cdot d_c^{5,33} - l_c \cdot d_{nc.n-1}^{5,33}} \quad (16)$$

$d_{nc.n-1}$  - эквивалентный диаметр последовательного соединения перед n-ой “свечей”;  $r$  - расстояние между “свечами”.

Расход газа по n-ой “свече” равен:

$$Q_c = Q_m - \sum_1^{n-1} Q_{ci} \quad (17)$$

Последовательно рассчитывается расход газа по всем “свечам”, начиная от установленной последней “свечи” возле лавы и кончая первой.

Дебит метана, отсасываемого по “свечам”, определяется в следующем порядке. Принимают расстояние от лавы ближайшей к ней “свечи” равным  $X_l = “O”$  или  $X_l = “r”$  и определяют расстояние до каждой “свечи”:

$$X_l = X_l + r (N - n_i), \quad (18)$$

где  $N$  - общее количество “свечей”, принимается не более 15, так как расходы газа по дальним “свечам” равны нулю;  $n_i$  - порядковый номер “свечи” (считая по потоку), для которой определяется расстояние до лавы.

По формулам (1), (2), (4) рассчитывается содержание метана, отсасываемого по “свече”, где расход газовой смеси больше нуля и определяется дебит отсасываемого метана. Расходы воздуха и метана в выработке в месте расположения каждой следующей “свечи” будут меньше на величину расхода, каптированного предыдущими “свечами”.

$$Q_x^1 = Q_x - \sum_1^{n-1} (Q_{ci} - I_{ci}); \quad I_x^1 = I_x - \sum_1^{n-1} I_{ci}, \quad (19)$$

где  $\sum_1^k (Q_{ci} - I_{ci})$  - суммарный расход воздуха, каптированного предыдущими “свечами”;  $\sum_1^k I_{ci}$  - суммарный дебит метана, каптированного предыдущими “свечами”.

Дебит метана, каптированного каждой “свечей”, равен:

$$I_{ci} = Q_c \cdot \frac{I_x^1}{Q_x^1 + I_x^1} \quad (20)$$

Общий дебит метана, каптированного дегазационной системой, равен:

$$I_{д.вн.} = \sum_1^n I_{ci} \quad (21)$$

Содержание метана в газоотводящем трубопроводе:

$$C = \frac{100 \sum_1^n I_{ci}}{Q_n} \quad (22)$$

Изложенный выше алгоритм, реализованный на ПЭВМ, позволил определить эффективность дегазации в зависимости от схемы подключения газопровода к выработанному пространству и горнотехнических условий. Анализ выполнен на примере лав шахты им. А Ф Засядько, разрабатывающих пласты  $m_3$  и  $l_1$  (табл.1).

Таблица 1-Исходные данные для расчёта эффективности дегазации.

Разрабатываемые пласты.	Коэффициент крепости пород кровли, f.	Расход воздуха в выработанном пространстве, $Q_{ут.} \text{ м}^3 / \text{мин.}$	Дебит метана в выработанном пространстве, $I_{вп} \text{ м}^3 / \text{мин.}$	Средневзвешенное расстояние до пластов - спутников, $M_{ср}, \text{ м.}$
$m_3$	3	410	75	139
$l_1$	8	1370	72	141

Отсасывание газа из каждой лавы производится по отдельным трубопроводам диаметром 0,5 м, длиной 3500м двумя параллельно работающими вакуум-насосами ВВН-2-150.

Расчёты показали, что при прочих равных условиях эффективность дегазации существенно зависит от крепости пород кровли и способа подключения газопровода к выработанному пространству. ( табл. 2 )

Таблица 2- Зависимость эффективности дегазации выработанного пространства от крепости пород кровли.

Коэффициент крепости пород кровли	Расход воздуха в выработанном пространстве $\text{м}^3 / \text{мин}$	Расход каптированного газа, $\text{м}^3 / \text{мин}$	Одна «свеча»			Система последовательно устанавливаемых «свечей»		
			Содержание метана, %	Дебит метана, $\text{м}^3 / \text{мин}$	Эффект. дегазации, %	Содержание метана, %	Дебит метана $\text{м}^3 / \text{мин}$	Эффект. дегазации, %
3	410	210	34,5	72,5	96,7	25,2	52,9	70
6	840	210	30,8	64,7	86,2	15,7	33,0	44
8	1370	210	27,0	56,7	75,6	8,3	17,4	23

При отсасывании газа по одной «свече», расположенной в зоне высокого содержания метана, она в 1,4-3 раза больше, чем по «свечам» систематически устанавливаемым со стороны очистного забоя по мере его подвигания. Поэтому всегда, когда это возможно, отвод газа следует производить на фланговые выработки, прокладывая газопровод через перемычки, изолирующие выработанное пространство. При устойчивых боковых породах возможен отвод газа по одной «свече», установленной в районе монтажной камеры, где содержание метана велико и можно получить большой эффект. К сожалению, в большинстве случаев не удаётся сохранить герметичность газопровода в выработанном пространстве на большой длине и приходится устанавливать дополнительные «свечи». В этих условиях важен правильный выбор диаметра всасывающих отрезков газопровода и интервала между ними. Они зависят от конкретных условий и могут быть определены с помощью предлагаемого метода расчёта эффективности дегазации.



Таблица 3-Зависимость эффективности дегазации выработанного пространства лав пл.м<sub>3</sub> от диаметра свечей

Диаметр «свечи» м	Расход каптированного газа, м <sup>3</sup> /мин	Содержание метана в гзе, %	Дебит каптированного метана, м <sup>3</sup> /мин.	Эффективность дегазации, %	Примечание
0,05	197	20,9	45,2	60,3	Последняя «свеча» находится на расстоянии 1м от очистной выработки.
0,075	206	28,2	58,2	77,5	
0,1	206	25,7	52,9	70,5	
0,2	207	25,2	52,2	69,6	
0,3	207	20,5	42,4	56,5	

Такие расчёты, выполненные для условий лав, разрабатывающих пласт м<sub>3</sub> в шахте им. А.Ф.Засядько, показал, что в данном случае оптимальный диаметр равен 75 мм. (табл. 3), а интервал между «свечами»-40 м. По мере подвигания очистного забоя на величину интервала между «свечами» эффективность увеличивается от 77 до 96 % Достоверность результатов расчётов подтверждается опытом дегазации лав, разрабатывающих пласт м<sub>3</sub>.

Выполненный анализ и опыт дегазации выработанных пространств в шахте им. А.Ф.Засядько, позволяют сделать следующие выводы.

1 При столбовой системе разработки и возвратно-точной схемы проветривания применение дегазации выработанного пространства с помощью трубопровода и «свечей», оставляемых в неподдерживаемой вентиляционной выработке, позволяет обеспечить высокоэффективную работу очистных забоев с нагрузкой 3000 – 4000 тыс. тонн в сутки.

2 Дегазация выработанных пространств отводом газа по отросткам газопровода обеспечивает высокий эффект в условиях слабых, легко обрушающихся и хорошо уплотняющихся пород кровли.

3 Достижение высокого эффекта дегазации требует отвода из выработанного пространства не менее 25% проходящего в нём воздуха, а следовательно применения мощных вакуум-насосов и труб большого диаметра.

4 Лучшим вариантом дегазации является отвод газа на фланговые выработки по трубам, проложенным через перемычки, изолирующие выработанное пространство.

5 При последовательной установке «свечей» со стороны очистного забоя эффективность дегазации можно увеличить в два-три раза, если каждую устанавливаемую «свечу» закрывать, например пневматическим клапаном, на время подхода к ней зоны с высоким содержанием метана. Расстояние, на котором следует открывать «свечу», можно рассчитать по формулам (1-4)

6 Предлагаемый метод проектирования дегазации выработанных пространств позволяет рассчитать параметры и режим работы дегазационной системы, обеспечивающие требуемый эффект, либо определить эффект, который может обеспечить имеющаяся система.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Ф.А., Бойко В.А. и др. Методика определения режима движения воздуха в выработанном пространстве “Совершенствование проветривания шахт”. “Недра”, 1964.
2. Клебанов Ф.С. О движении воздуха по горным выработкам при наличии выработанных пространств. Доклады АН СССР, т.113, №4, 1957.
3. Устинов А.М., Калиев С.Г. Закономерность распределения утечек воздуха в выработанном пространстве при возвратноточной через целик схеме проветривания. “Аэрогазодинамика и проветривание угольных шахт”, труды ВостНИИ, том XIX, 1973.
4. Касимов О.И., Погребная А.Я. Утечки воздуха через выработанное пространство при столбовой системе разработки. “Борьба с газом, пылью и выбросами в угольных шахтах”, вып.10, Макеевка, изд.МакНИИ, 1974.
5. Верзилов М.И. Исследование местных скоплений метана при столбовых системах разработки угольных лав Донбасса и способов их ликвидации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Макеевка, МакНИИ, 1982.
6. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Киев, “Основа”, 1994.
7. Руководство по дегазации угольных шахт. “Недра”, 1975.

УДК 622.02:531

В.С. Кулинич, В.Г. Перепелица, С.А. Курносов  
С.Я. Иванчишин, А.М. Шумейко, С.В. Кулинич

### ГАЗОВАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД В РАЗНОКОМПОНЕНТНОМ ПОЛЕ СЖИМАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Викладені результати досліджень газової проникливості гірських порід при різнокомпонентному полі стислюючих напружень

### THE GAS PERMEABILITY OF ROCKS IN DIFFERENT COMPONENT FIELD OF CONTRACTING STRESSES

The results of investigation of the gas permeability of rocks in different component field contracting stresses are described.

Одним из важных показателей, интегрально характеризующих фильтрационные свойства газовых коллекторов при различном геомеханическом состоянии трещинно-поровой среды, является газовая проницаемость, определяющая свойство горных пород пропускать газы и их смеси при наличии градиента давления. Количественно проницаемость оценивают коэффициентом проницаемости  $K_{np}$ , устанавливающим характер пропорциональности скорости фильтрации флюида  $V$  градиенту давления ( $dP/dL$ ), вызывающего фильтрацию (уравнение Дарси) [1-3]:

$$V = K_{np} \frac{dP/dL}{\mu}, \quad (1)$$

где  $\mu$  - вязкость флюида, сПз.

Практической единицей измерения проницаемости является Дарси (Д). Проницаемость горных пород измеряется меньшей единицей - миллидарси (мД), составляющей  $10^{-3}$  Д, или в системе СИ  $\text{фм}^2$  (фемто  $\text{м}^2$ ).

В статье приведены результаты экспериментальных исследований газопроницаемости газоносных песчаников глубоких шахт Донбасса, выполненных с