

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Силин Д.П. Разработка параметров гидродинамического способа предотвращения внезапных выбросов угля и газа при проведении пластовых выработок: Дис... канд. техн. наук:05.15.02. – Днепропетровск, 2001. – 180 с.

**УДК 622.454:622.016.62:622.411.332**

Инж. О. С. Торопчин  
(Минуглепром Украины)

### **ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИНИЙ ТОКА УТЕЧЕК ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ВЫРАБОТАННОЕ ПРОСТРАНСТВО**

Представлено новий графоаналітичний метод розрахунку і побудови ліній витоків повітря через вироблений простір за допомогою ПЕОМ при одночасній дії загально шахтної депресії і джерел тяги, розташованих всередині і на межі виробленого простору.

### **GRAPHIC-ANALYTICAL METHOD OF DETERMINATION LINES OF CURRENT OF AIR THROUGH THE PRODUCED SPACE**

A new method of calculation and construction of lines of current of air through the produced space by PEC at simultaneous action of general mine depression and sources of traction, located inwardly and on the border of the produced space, is represented.

Необходимость дегазации при современных методах и средствах добычи угля вызвана невозможностью поддержания регламентируемой Правилами безопасности [1] концентрации метана в выработках только за счет способов и средств вентиляции, так как при возрастающей газообильности угольных шахт, в связи с уходом на большие глубины, требуется увеличение скорости движения подаваемого воздуха по горным выработкам, что возможно только до определенных пределов. Кроме того, необходимо создание новых типов вентиляторов, обладающих повышенными техническими возможностями, или увеличение сечений горных выработок.

Существующие в настоящее время виды дегазации предопределяют наличие трубопроводов, по которым метан удаляется за пределы дегазируемого участка. В дегазационных трубопроводах в большинстве случаев создается разрежение под действием которого газовая смесь извлекается из дегазируемого пространства. Это осуществляется с помощью скважин, с помощью заперемыченных дренажных выработок или специальных перфорированных труб, предназначенных для дегазации выработанного пространства.

Разрежение в дегазационных трубопроводах создается с помощью вакуумнасосов, устанавливаемых как на поверхности стационарно, так и передвижных в шахте.

Решение вопросов управления газовой выделением из выработанного пространства на добычных участках с помощью дегазационных систем определяет целый ряд горно-технических факторов:

- схема проветривания выемочного участка;
- способ управления кровлей;
- состояние и длина горных выработок, оконтуривающих выработанное пространство;
- величина депрессии, при которой осуществляется подача воздуха на выемочный участок;
- местоположение и величина разрежения в дегазационных трубах, создаваемое источниками тяги дегазационной системы.

С учетом этих факторов необходимо исследовать вопросы аэродинамического взаимодействия общешахтной депрессии, под действием которой осуществляется транспортировка воздуха по горным выработкам в шахте, и разрежением в дегазационных трубах, размещенных внутри или вверху выработанного пространства вдоль вентиляционного штрека.

В работе [2] рассмотрены вопросы формирования линий тока утечек воздуха через выработанное пространство при действии только общешахтной депрессии и получено их аналитическое выражение.

Следующим этапом работы является изучение возможности и разработка методов управления движением утечек и направления их к газосборным пунктам.

Для этого задачу распределения утечек воздуха внутри выработанного пространства будем решать для выемочного участка, проветриваемого по прямооточной схеме с подсвеживанием и отработкой пласта обратным ходом. Такие схемы отработки и проветривания наиболее часто применяются в условиях газообильных шахт Донбасса.

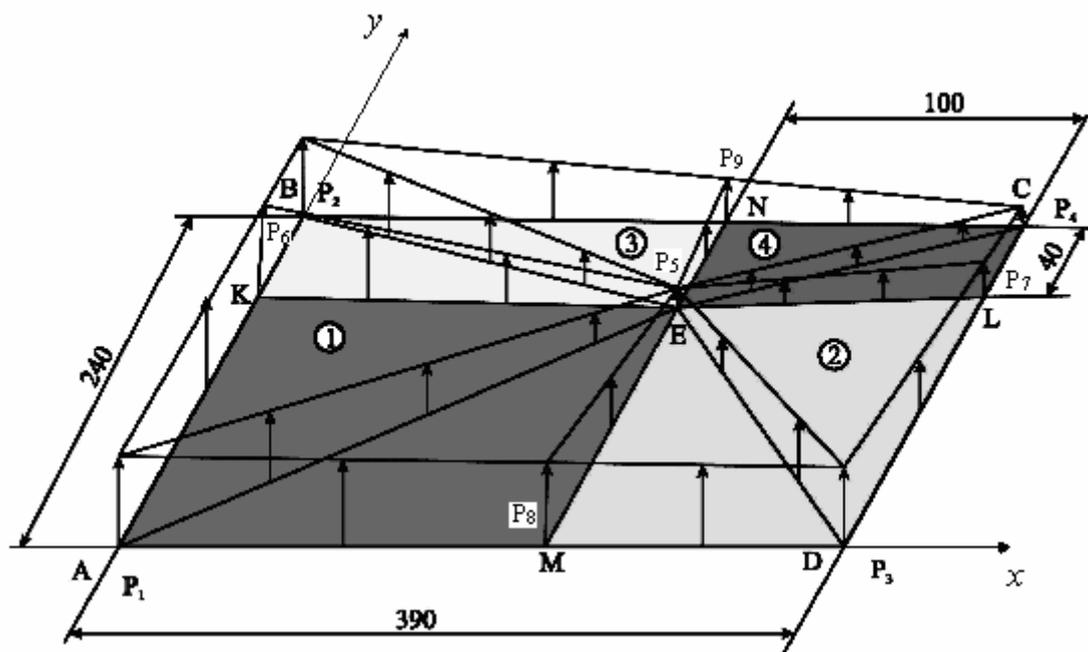


Рис. 1 – Распределение давлений внутри выработанного пространства с учетом источника тяги дегазационной системы

Графическая интерпретация аэродинамической связи общешахтной депрессии и разрежения, создаваемого дегазационной системой внутри выработанного пространства выемочного участка представлена на рис. 1.

Поток газозвушной смеси внутри выработанного пространства при этом будем считать несжимаемым и плоским. Изменение давлений вдоль оконтуривающих выработок имеет линейный характер.

Каждая эпюра давления  $P(x)$  и  $P(y)$  внутри выработанного пространства имеет кусочно-линейный характер, что обуславливается наличием стока и состоит из двух пересекающихся прямых, соединяющих вершины векторов давлений, расположенных попарно:

- в лаве и на границе выработанного пространства;
- на вентиляционном и конвейерном штреках с вектором давления источника тяги и находящихся на одной линии, проходящей через место его установки (рис. 2).

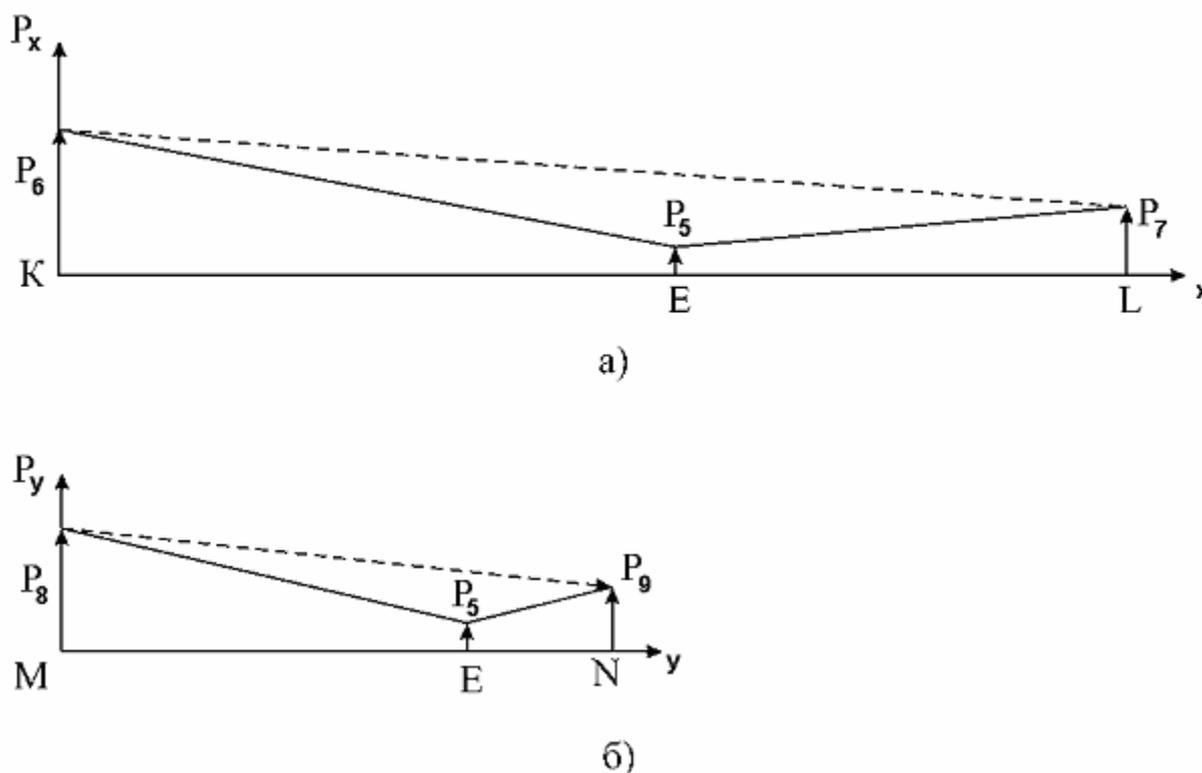


Рис. 2 – Эпюры изменения давления внутри выработанного пространства:  
а) по линии раздела KL; б) по линии раздела MN

$$P(x) = \begin{cases} \frac{P_5 - P_6}{L_{AD} - L_{MD}} x + P_6, & 0 \leq x \leq (L_{AD} - L_{MD}); \\ \frac{P_7 - P_5}{L_{MD}} x - \frac{(P_7 - P_5)(L_{AD} - L_{MD})}{L_{MD}} + P_5, & (L_{AD} - L_{MD}) \leq x \leq L_{MD}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $P_5, P_6, P_7$  – абсолютное давление в точках Е, В, L, соответственно, Н/м<sup>2</sup>;  $L_{AD}$  – длина выработанного пространства, м;  $L_{MD}$  – длина выработанного пространства на участке 2, м;  $x$  – текущая координата по линии раздела KL, м.

$$P(y) = \begin{cases} \frac{P_5 - P_8}{L_{DC} - L_{LC}} y + P_8, & 0 \leq y \leq (L_{DC} - L_{LC}); \\ \frac{P_9 - P_5}{L_{LC}} y - \frac{(P_9 - P_5)(L_{DC} - L_{LC})}{L_{LC}} + P_5, & (L_{DC} - L_{LC}) \leq y \leq L_{LC}, \end{cases} \quad (2)$$

где  $P_8, P_9$  – абсолютное давление в точках М и N, Н/м<sup>2</sup>;  $L_{DC}$  – ширина выработанного пространства, м;  $L_{LC}$  – ширина выработанного пространства на участке 4;  $y$  – текущая координата по линии раздела MN, м.

Градиенты давлений внутри выработанного пространства  $\frac{\Delta P_x}{\Delta L_x}$  и  $\frac{\Delta P_y}{\Delta L_y}$  имеют также кусочно-линейную зависимость, и согласно [3] и [4]

$$\frac{\Delta P_x}{\Delta L_x} = \begin{cases} \frac{P_5 - P_6}{L_{AD} - L_{MD}}, & 0 \leq x \leq (L_{AD} - L_{MD}); \\ \frac{P_7 - P_5}{L_{MD}}, & (L_{AD} - L_{MD}) \leq x \leq L_{MD} \end{cases} \quad (3)$$

$$\frac{\Delta P_y}{\Delta L_y} = \begin{cases} \frac{P_5 - P_8}{L_{DC} - L_{LC}}, & 0 \leq y \leq (L_{DC} - L_{LC}); \\ \frac{P_9 - P_5}{L_{LC}}, & (L_{DC} - L_{LC}) \leq y \leq L_{LC} \end{cases} \quad (4)$$

Данное обстоятельство не позволяет решить задачу аналитического определения линий тока утечек газозоудной смеси целиком для всего выработанного пространства по методике, приведенной в [2] или методике, изложенной в [5], т.к. уравнения потенциалов скоростей и функции тока для несжимаемой жидкости в данном случае являются уравнениями в частных производных, и непосредственное определение из этих уравнений параметров, удовлетворяющих граничным условиям, представляет собой задачу в общем виде весьма трудную, а метод графического определения линий тока результирующего потока в нашем случае  $\vec{V}_p = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$ , весьма трудоемок, где  $\vec{V}_p$  – вектор скорости результирующего потока;  $\vec{V}_1$  – вектор скорости потока, обусловленного действием общешахтной депрессии;  $\vec{V}_2$  – вектор скорости потока от действия разрежения, создаваемого дегазационной системой.

В настоящее время в литературных источниках имеются [6, 7] решения аналогичных задач сложения двух, трех и более плоских потоков, но во всех случаях задача решается, когда один из потоков плоско-параллельный ( $V_x = 0$

или  $V_y = 0$ ). Так, например, в [8]  $q_{y\partial} = C a^{6x}$ , где  $q_{y\partial}$  - величина удельных утечек воздуха через выработанное пространство;  $C$ ,  $a$ ,  $b$  - постоянные величины, зависящие от горно-геологических и горно-технических условий разработки;  $x$  - текущая координата длины выработанного пространства, а  $V_x = 0$ , что далеко не соответствует истинному характеру линий тока утечек воздуха через выработанное пространство от действия общешахтной депрессии и вносит существенную погрешность при дальнейших расчетах.

Учитывая выше перечисленные обстоятельства, предлагаем графоаналитический метод построения линий тока утечек воздуха через выработанное пространство при воздействии общешахтной депрессии и разрежения, создаваемого дегазационной системой, расположенного внутри выработанного пространства. Метод основан на том факте, что всю площадь выработанного пространства можно разделить на такое количество участков, чтобы изменение давления по всей площади выделенного участка имело линейную зависимость.

В нашем случае, представленном на рис. 1 выработанное пространство ABCD с абсолютными давлениями в узловых точках  $P_1, P_2, P_3, P_4$  необходимо разделить перпендикулярно пересекающимися линиями KL и MN в точке E с абсолютным давлением  $P_5$  (место разрежения, создаваемое дегазационной системой).  $P_1 = 11863 \text{ Н/м}^2$  - абсолютное давление в точке A,  $P_2 = 11753 \text{ Н/м}^2$  - абсолютное давление в точке B,  $P_3 = 11546 \text{ Н/м}^2$  - абсолютное давление в точке D,  $P_4 = 11458 \text{ Н/м}^2$  - абсолютное давление в точке C,  $P_5 = 9601 \text{ Н/м}^2$  - абсолютное давление в точке E.

Получим четыре участка:

участок 1 - АКЕМ; участок 2 - МЕЛД; участок 3 - КВНЕ; участок 4 - ENCL

Рассматривая каждый из четырех участков выработанного пространства как отдельно взятое выработанное пространство и отождествляя линии раздела KL и MN в точке E с оконтуривающими выработками, по (3) и (4) можем определить градиенты давлений для каждого участка:

Для участка 1

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\Delta P_x}{\Delta L_x} &= \frac{P_{AK}(y_1) - P_{ME}(y_1)}{L_{AM}} = \frac{h_{AK} - h_{ME}}{L_{AK}L_{ME}} y_1 - \frac{h_{AM}}{L_{ME}} = \frac{(P_1 - P_6) - (P_8 - P_5)}{L_{AK}L_{ME}} y_1 - \frac{(P_1 - P_6)}{L_{ME}}; \quad (5) \\ \frac{\Delta P_y}{\Delta L_y} &= \frac{P_{AM}(x_1) - P_{KE}(x_1)}{L_{AK}} = \frac{h_{AM} - h_{KE}}{L_{AK}L_{ME}} x_1 - \frac{h_{AK}}{L_{AK}} = \frac{(P_1 - P_8) - (P_6 - P_5)}{L_{AK}L_{ME}} x_1 - \frac{(P_1 - P_6)}{L_{AK}}, \quad (6) \end{aligned} \right.$$

где  $P_{AK}(y_1)$  - изменение абсолютного давления вдоль лавы до точки K,  $\text{Н/м}^2$ ;  $P_{ME}(y_1)$  - изменение абсолютного давления по ширине выработанного пространства до точки E,  $\text{Н/м}^2$ ;  $P_{AM}(x_1)$  - изменение абсолютного давления вдоль выработанного пространства до точки M,  $\text{Н/м}^2$ ;  $P_{KE}(x_1)$  - изменение

абсолютного давления вдоль выработанного пространства до точки Е, Н/м<sup>2</sup>;  $h_{AK}$  – депрессия части лавы до точки К, Н/м<sup>2</sup>;  $h_{ME}$  – депрессия внутри выработанного пространства по линии радела от точки М до точки Е, Н/м<sup>2</sup>;  $h_{AM}$  – депрессия на конвейерном штреке до точки М, Н/м<sup>2</sup>;  $h_{KE}$  – депрессия внутри выработанного пространства по линии раздела от точки К до точки Е, Н/м<sup>2</sup>;  $L_{AK}$  – длина части лавы до точки К, м;  $L_{AM}$  – длина части конвейерного штрека до точки М, м;  $x_1$  – текущая координата вдоль выработанного пространства на участке 1, м;  $y_1$  – текущая координата по ширине выработанного пространства на участке 1, м;  $P_1$  – абсолютное давление в точке А, Н/м<sup>2</sup>.

Для участка 2

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta P_x}{\Delta L_x} = \frac{P_{ME}(y_2) - P_{DL}(y_2)}{L_{DL}} = \frac{h_{ME} - h_{DL}}{L_{DL}L_{ME}} y_2 - \frac{h_{ME}}{L_{DL}} = \frac{(P_8 - P_5) - (P_3 - P_7)}{L_{DL}L_{ME}} y_2 - \frac{(P_8 - P_5)}{L_{DL}}; \quad (7) \\ \frac{\Delta P_y}{\Delta L_y} = \frac{P_{EL}(x_2) - P_{MD}(x_2)}{L_{ME}} = \frac{h_{EL} - h_{MD}}{L_{ME}L_{DL}} x_2 - \frac{h_{ME}}{L_{ME}} = \frac{(P_5 - P_7) - (P_8 - P_3)}{L_{ME}L_{DL}} x_2 - \frac{(P_8 - P_5)}{L_{ME}}, \quad (8) \end{array} \right.$$

где  $P_{DL}(y_2)$  – изменение абсолютного давления по ширине выработанного пространства на участке 2, Н/м<sup>2</sup>;  $P_{EL}(x_2)$  – изменение абсолютного давления по линии раздела KL на участке 2, Н/м<sup>2</sup>;  $P_{MD}(x_2)$  – изменение абсолютного давления вдоль выработанного пространства на участке 2, Н/м<sup>2</sup>;  $h_{MD}$  – депрессия части конвейерного штрека от точки М до точки D, Н/м<sup>2</sup>;  $h_{DL}$  – депрессия внутри выработанного пространства (участок DL), Н/м<sup>2</sup>;  $L_{DL}$  – длина части выработанного пространства до точки L, м;  $L_{ME}$  – расстояние по линии раздела выработанного пространства от точки М до точки Е, м;  $x_2$  – текущая координата вдоль выработанного пространства на участке 2, м;  $y_2$  – текущая координата по ширине выработанного пространства на участке 2, м;  $P_3$  – абсолютное давление в точке D, Н/м<sup>2</sup>.

Для участка 3

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta P_x}{\Delta L_x} = \frac{P_{KB}(y_3) - P_{EN}(y_3)}{L_{EN}} = \frac{h_{KB} - h_{EN}}{L_{KB}L_{EN}} y_3 - \frac{h_{BN}}{L_{EN}} = \frac{(P_6 - P_2) - (P_5 - P_9)}{L_{KB}L_{EN}} y_3 - \frac{(P_2 - P_9)}{L_{EN}}; \quad (9) \\ \frac{\Delta P_y}{\Delta L_y} = \frac{P_{KE}(x_3) - P_{BN}(x_3)}{L_{KB}} = \frac{h_{KE} - h_{BN}}{L_{KB}L_{EN}} x_3 - \frac{h_{KB}}{L_{KB}} = \frac{(P_6 - P_5) - (P_2 - P_9)}{L_{KB}L_{EN}} x_3 - \frac{(P_6 - P_2)}{L_{KB}}, \quad (10) \end{array} \right.$$

где  $P_{KB}(y_3)$  – изменение абсолютного давления вдоль лавы на участке 3, Н/м<sup>2</sup>;  $P_{EN}(y_3)$  – изменение абсолютного давления вдоль линии раздела MN на участке

3,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $P_{BN}(x_3)$  - изменение абсолютного давления вдоль выработанного пространства на участке 3,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $h_{KB}$  - депрессия части конвейерного лавы от точки К до точки В,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $h_{EN}$  - депрессия внутри выработанного пространства от точки Е до точки N,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $L_{KB}$  - длина части выработанного пространства от точки К до точки В, м;  $L_{EN}$  - расстояние по линии раздела выработанного пространства от точки Е до точки N, м;  $h_{BN}$  - депрессия на вентиляционном штреке до точки N,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $P_2$  - абсолютное давление в точке В,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $x_3$  - текущая координата по линии раздела KL на участке 3, м;  $y_3$  - текущая координата вдоль лавы на участке 3, м;  $P_2$  - абсолютное давление в точке В,  $\text{H}/\text{м}^2$ .

Для участка 4

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta P_x}{\Delta L_x} = \frac{P_{EN}(y_4) - P_{LC}(y_4)}{L_{LC}} = \frac{h_{EN} - h_{LC}}{L_{EN}L_{LC}} y_4 - \frac{h_{NC}}{L_{LC}} = \frac{(P_5 - P_9) - (P_7 - P_4)}{L_{EN}L_{LC}} y_4 - \frac{(P_9 - P_4)}{L_{LC}}; \\ \frac{\Delta P_y}{\Delta L_y} = \frac{P_{EL}(x_4) - P_{NC}(x_4)}{L_{EN}} = \frac{h_{EL} - h_{NC}}{L_{EN}L_{LC}} x_4 - \frac{h_{EN}}{L_{EN}} = \frac{(P_5 - P_7) - (P_9 - P_4)}{L_{EN}L_{LC}} x_4 - \frac{(P_5 - P_9)}{L_{EN}} \end{array} \right. \quad (11)$$

где  $P_{LC}(y_4)$  - изменение абсолютного давления по ширине выработанного пространства на участке 4,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $P_{EL}(x_4)$  - изменение абсолютного давления вдоль линии раздела KL на участке 4,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $P_{NC}(x_4)$  - изменение абсолютного давления вдоль выработанного пространства на участке 4,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $h_{LC}$  - депрессия части выработанного пространства от точки L до точки С,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $h_{NC}$  - депрессия на вентиляционном штреке от точки N до точки С,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $h_{EL}$  - депрессия внутри выработанного пространства по линии раздела от точки Е до точки L,  $\text{H}/\text{м}^2$ ;  $L_{LC}$  - длина выработанного пространства от точки L до точки С, м;  $x_4$  - текущая координата по линии раздела KL на участке 4, м;  $y_4$  - текущая координата по линии раздела MN на участке 4, м;  $P_4$  - абсолютное давление в точке N,  $\text{H}/\text{м}^2$ .

Уравнения линий тока для каждого участка можно представить следующим образом:

Для участка 1

$$y_{1,2} = \frac{h_{AM}L_{AK}}{h_{AK} - h_{ME}} \pm \sqrt{\left(\frac{h_{AM}L_{AK}}{h_{AK} - h_{ME}}\right)^2 + \frac{h_{AM} - h_{KE}}{h_{AK} - h_{ME}} x_1^2 - \frac{2h_{AK}L_{ME}}{h_{AK} - h_{ME}} x_1 + C_1} \quad (13)$$

Для участка 2

$$y_{1,2} = \frac{h_{MD}L_{ME}}{h_{ME} - h_{DL}} \pm \sqrt{\left(\frac{h_{EL} - h_{ME}}{h_{ME} - h_{DL}}\right)^2 + \frac{h_{MD} - h_{EL}}{h_{ME} - h_{DL}}x_2^2 - \frac{2h_{ME}L_{DL}}{h_{ME} - h_{DL}}x_2 + C_2} \quad (14)$$

Для участка 3

$$y_{1,2} = \frac{h_{KE}L_{KB}}{h_{KB} - h_{EN}} \pm \sqrt{\left(\frac{h_{BN}L_{KB}}{h_{KB} - h_{EN}}\right)^2 + \frac{h_{KE} - h_{BN}}{h_{KB} - h_{BN}}x_3^2 - \frac{2h_{KB}L_{EN}}{h_{KB} - h_{EN}}x_3 + C_3} \quad (15)$$

Для участка 4

$$y_{1,2} = \frac{h_{EL}L_{EN}}{h_{EN} - h_{LC}} \pm \sqrt{\left(\frac{h_{EL}L_{EN}}{h_{EN} - h_{LC}}\right)^2 + \frac{h_{EL} - h_{NC}}{h_{EN} - h_{LC}}x_4^2 - \frac{2h_{EN}L_{LC}}{h_{EN} - h_{LC}}x_4 + C_4}, \quad (16)$$

где  $C_1, C_2, C_3, C_4$  – произвольные постоянные.

Знаки «+» и «-» перед радикалом выбираются из необходимого выполнения условий:  $x_i = 0, y_i = 0$  и  $C_i = 0$  (где  $i = 1, 2, 3, 4$  – порядковый номер участка).

Уравнения (13), (14), (15) и (16) после подстановки числовых значений параметров для рассматриваемого примера примут вид:

Для участка 1

$$y_1(x_1, C_1) = -0,896 + \sqrt{x_1^2 + 34,768x_1 + 0,804 + C_1} \quad (17)$$

для участка 2

$$y_2(x_2, C_2) = 41,892 - \sqrt{x_2^2 - 1,291x_2 + 1754,9 + C_2} \quad (18)$$

для участка 3

$$y_3(x_3, C_3) = 105,817 - \sqrt{x_3^2 - 399,329x_3 + 11197,143 + C_3} \quad (19)$$

для участка 4

$$y_4(x_4, C_4) = 39,361 - \sqrt{x_4^2 - 197,685x_4 + 1549,251 + C_4} \quad (20)$$

Для обеспечения стыковки линий тока утечек воздуха для каждого участка в уравнениях (17), (18), (19) и (20) выразим  $C_i$  как функцию двух переменных  $x_i$  и  $y_i$ .

Согласно рис. 3:

- для участка 1 (рис.3а)

$$C_1(x_1, y_1) = (y_1 + 0,896)^2 - x_1^2 - 34,768 x_1 - 0,804,$$

где  $C_1(x_1, y_1)$  – постоянная величина уравнения (17).

При  $C_1(50, 200) = 36120,2$ ;  $C_1(100, 200) = 26881,8$ ;  $C_1(150, 200) = 12643,4$ ;  
 $C_1(200, 200) = -6595,0$ ;  $C_1(250, 200) = -30833,3$ ;  $C_1(290, 200) = -53824,0$ ;  
 $C_1(290, 50) = 91592,9$ ;  $C_1(290, 100) = -84003,3$ ;  $C_1(290, 150) = -71413,7$ ;  
 $C_1(290, 200) = -53824,0$ ;

- для участка 2 (рис. 3б)

$$C_2(x_2, y_2) = (y_2 - 41,892)^2 - x_2^2 + 1,291x_2 - 1754,9,$$

где  $C_2(x_2, y_2)$  – постоянная величина уравнения (18).

При  $C_2(50, 0) = -2435,4$ ;  $C_2(100, 0) = -9870,9$ ;  $C_2(150, 0) = -22306,3$ ;  
 $C_2(200, 0) = -39741,8$ ;  $C_2(250, 0) = -62177,2$ ;  $C_2(290, 0) = -83725,6$ ;

- для участка 3 (рис. 3в)

$$C_3(x_3, y_3) = (y_3 - 105,817)^2 - x_3^2 + 399,329x_3 - 11197,143,$$

где  $C_3(x_3, y_3)$  – постоянная величина уравнения (19).

При  $C_3(0, 100) = -11163,3$ ;  $C_3(50, 100) = 6303,1$ ;  $C_3(100, 100) = 18769,6$ ;  
 $C_3(150, 100) = 26236,0$ ;  $C_3(200, 100) = 28702,5$ ;  $C_3(0, 50) = -8081,7$ ;

- для участка 4 (рис. 3г)

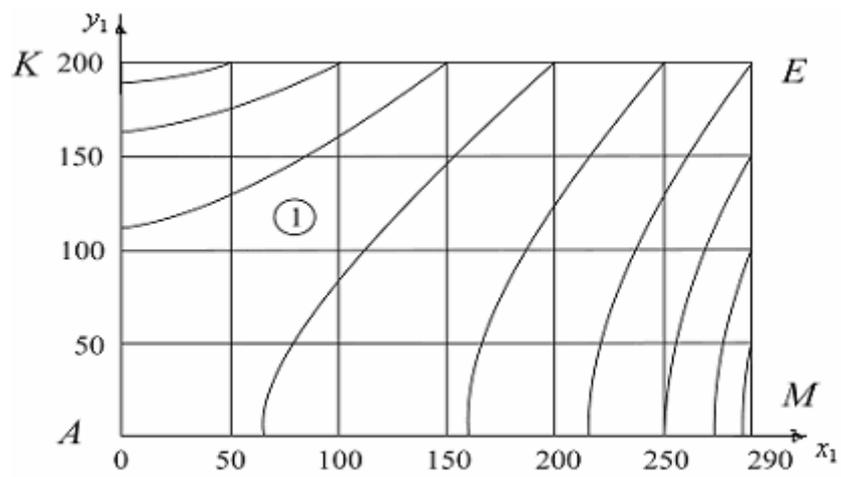
$$C_4(x_4, y_4) = (y_4 - 39,361)^2 - x_4^2 + 197,685 x_4 - 1549,251,$$

где  $C_4(x_4, y_4)$  – постоянная величина уравнения (20).

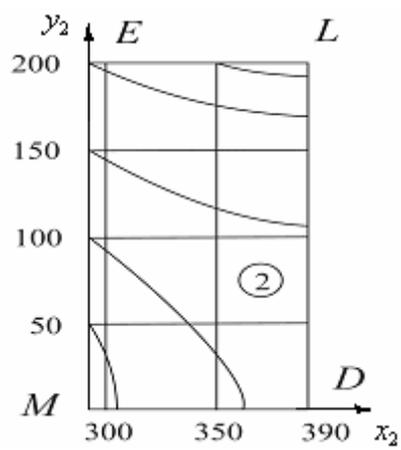
При  $C_4(0, 0) = 0$ ;  $C_4(50, 0) = 7384,2$ .

На границах участков, определяемых линиями раздела KL и MN (рис. 1) выбираем характерные точки с фиксированными координатами, по значениям которых определяем  $C_i$  для линий тока, проходящих через эти точки. Подставляя полученные значения  $C_i$  в уравнения (13), (14), (15) и (16) получаем уравнения линий тока, проходящих через заданные точки на границе раздела двух смежных участков.

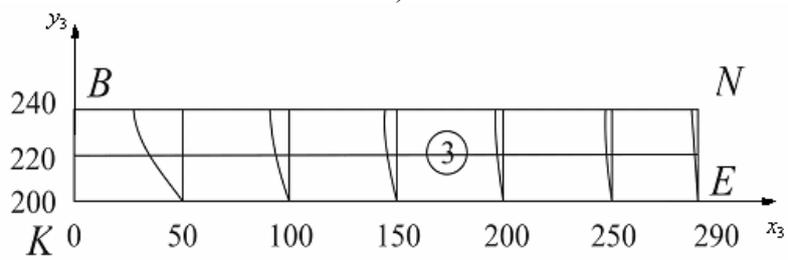
На рис. 3 приведены линии тока и характерные точки с фиксированными координатами, предназначенные для стыковки четырех участков.



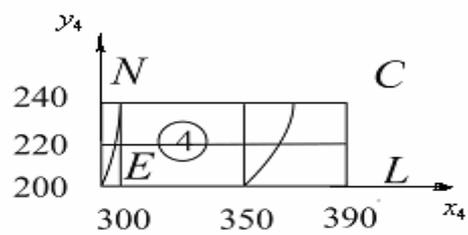
а)



б)



в)



г)

Рис. 3 – Линии тока утечек воздуха для участков: 1- а); 2 – б); 3 – в); 4 – г).

Аналогично проводится построение и стыковка линий тока утечек воздуха и в других случаях размещения источника тяги внутри выработанного пространства.

На рис. 4 приведена картина распределения линий тока утечек воздуха через выработанное пространство для условий 10-й западной лавы пласта  $l_1$  шахты им. А.Ф. Засядько при совместном взаимодействии общешахтной депрессии и разряжения, создаваемого источником тяги дегазационной системы, расположенного внутри выработанного пространства в 100м от разрезной печи и 40 м от вентиляционного штрека.

На рис. 5, рис. 6 и рис. 7 - распределение линий тока утечек воздуха при размещении источника тяги в проеме бутовой полосы в 30м, 100м и в конце выработанного пространства возле разрезной печи соответственно.

Горно-геологические и горно-технические условия участка приведены в п.2.

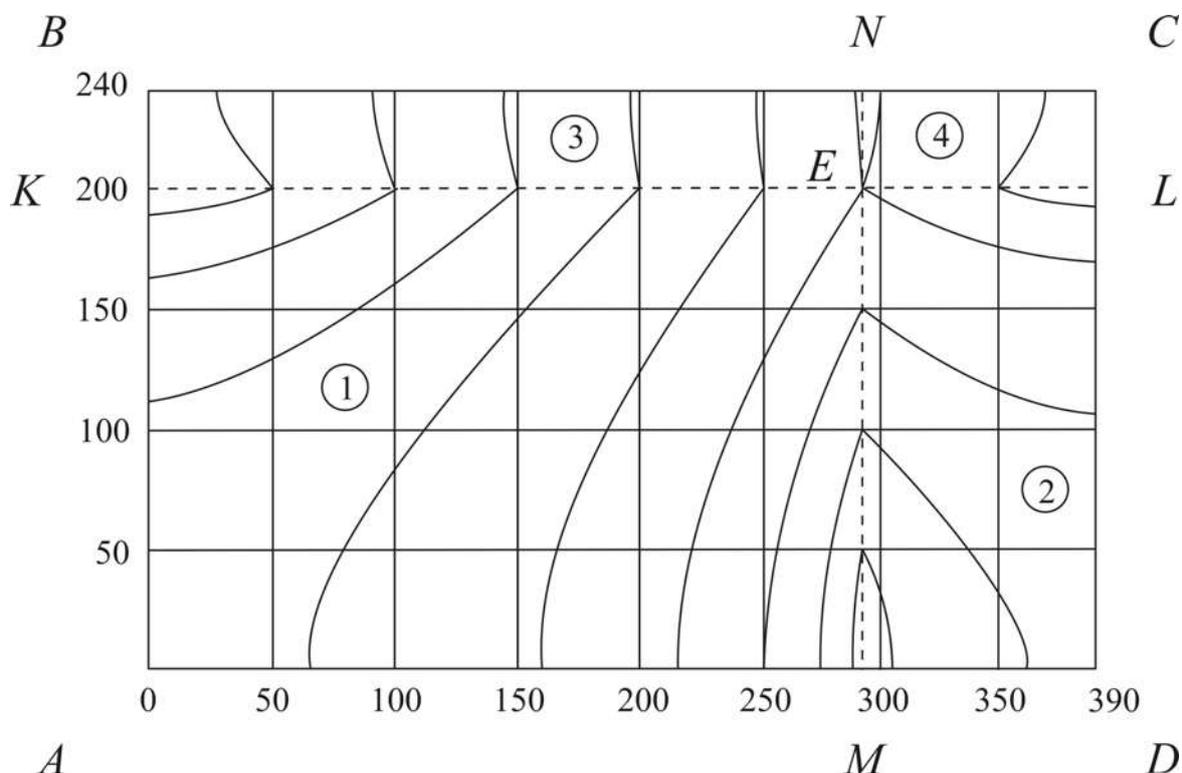


Рис. 4 - Линии тока утечек воздуха через выработанное пространство при расположении источника тяги в 100м от разрезной печи и в 40м от вентиляционного штрека.

Наибольший интерес для практической реализации рассмотренных вариантов представляет пример размещения источника тяги системы дегазации внутри выработанного пространства (рис. 4). В этом случае все линии тока утечек воздуха из лавы и всего выработанного пространства (участки выработанного пространства 1, 2, 3 и 4) направлены в сторону размещения источника тяги. Величина утечек, поступающих в дегазационную систему равна пропускной способности источника тяги, и определяется по формуле

$$Q_{um} = S_k \sqrt{\frac{2h}{\rho}}, \quad (22)$$

где  $Q_{um}$  – объем утечек, поступающих в пункт разрежения, создаваемого дегазационной системой,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $S_k$  – сечение приемного канала в пункте разрежения,  $\text{м}^2$ ;  $h$  – депрессия в месте установки в пункте разрежения,  $\text{Н}/\text{м}^2$ ;  $\rho$  – плотность газовой смеси,  $\text{Н}/\text{м}^3$ .

Общее количество утечек через выработанное пространство

$$Q_{ym} = Q_{ymv} + Q_{um}, \quad (23)$$

где  $Q_{ymv}$  – утечки воздуха, поступающие на вентиляционный штрек,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

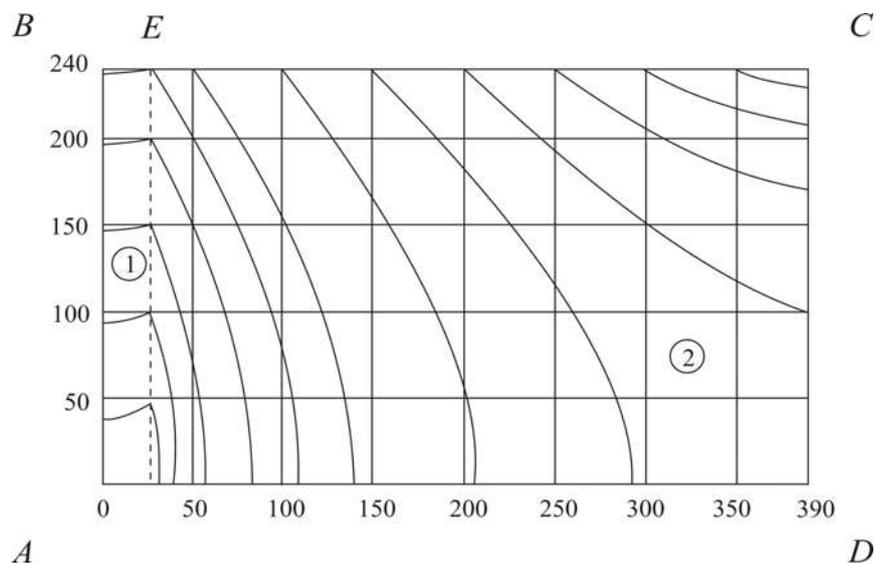


Рис. 5 - Линии тока утечек воздуха в выработанном пространстве при расположении источника тяги в 30м от лавы и 5м от вентиляционного штрека.

Пункт разрежения, создаваемого источником тяги дегазационной системы в 30 м от лавы (рис. 5) считаем нецелесообразным, так как в этом случае существует вероятность загазования вентиляционного штрека вблизи лавы. Утечки воздуха при такой схеме поступают в область разрежения, создаваемого дегазационной системой, начиная со 110 м длины выработанного пространства. С остальной части длины (180 м) утечки поступают на вентиляционный штрек, в исходящую струю. Все утечки из лавы в этом случае поступают в область разрежения, создаваемого дегазационной системой, поэтому концентрация метана в утечках незначительна, что резко снижает качество газовой смеси, отбираемой дегазационной системой.

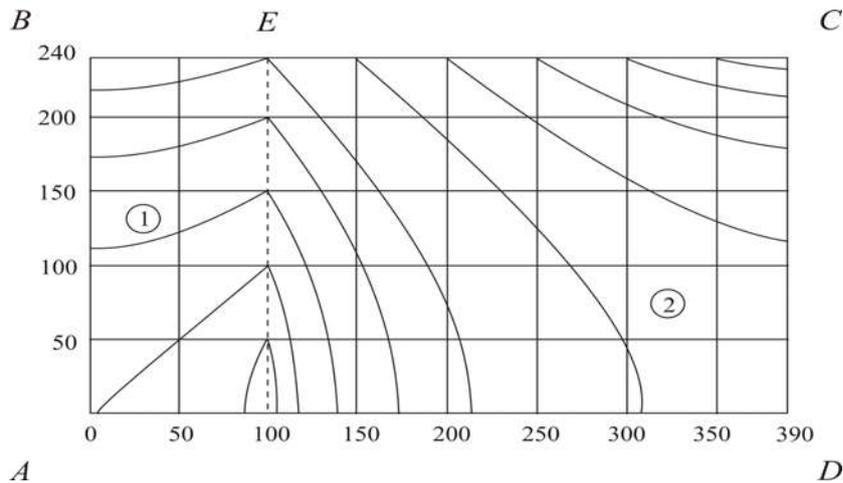


Рис. 6 - Линии тока утечек воздуха в выработанном пространстве при расположении источника тяги в 100м от лавы

Размещение пункта разряжения при тех же его параметрах по схеме представленной на рис. 6 расширяет область его действия до 220 м, но так же как и в предыдущем варианте (рис. 5), когда утечки поступают на вентиляционный штрек со 140 м, качество отбираемой газозвушной смеси дегазационной системой не высокое.

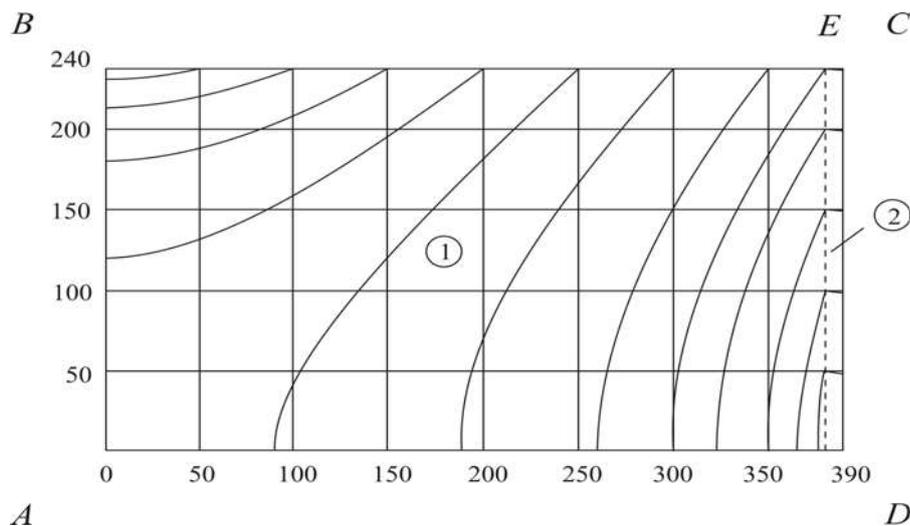


Рис. 7 - Линии тока утечек воздуха в выработанном пространстве при расположении источника тяги в 10 м от разрезной печи и 5 м от вентиляционного штрека.

При оборудовании пункта разряжения в конце выработанного пространства, в 10 м от разрезной печи (рис. 7) область его действия сужается до 90 м. Но качество отбираемой газозвушной смеси в этом случае самое высокое (утечки воздуха на этом участке не разбавляются свежей струей).

Для повышения качества отбора газозвушной смеси по этой схеме рекомендуется утечки воздуха из лавы направлять на вентиляционный штрек, для чего в бутовой полосе под вентиляционным штреком на расстоянии 200м от лавы необходимо оставлять окна открытыми, так как линии тока утечек

воздуха из лавы в этом месте выходят на вентиляционный штрек. Все окна в бутовой полосе до места установки источника тяги должны быть заперемычены, что позволит утечки из этой части выработанного пространства направить в область действия пункта разряжения.

Изменение аэродинамических параметров оконтуривающих выработок и разрежения, создаваемого источником тяги дегазационной системы приводит к изменению общей картины линий тока утечек воздуха и изменению области действия источника разряжения. Область действия разрежения, создаваемого дегазационной системой определяется размерами части выработанного пространства, оконтуренного граничными линиями тока, которые выходят из откаточного (конвейерного) и вентиляционного штреков и поступают в пункт разряжения.

Таким образом, рассмотренные схемы взаимодействия общешахтной депрессии и разрежения, создаваемого дегазационной системой в различных местах выработанного пространства, дают возможность комплексно решать задачу управления газовыделением.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах / ДНАОП 1.1.30-1.01-96// Утверждено приказом Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда от 18 января 1996 г. № 7. – К.: Основа, 1996. – 207 с.
2. Торопчин О. С. Аналитический метод определения линий тока утечек воздуха через выработанное пространство // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук праць / Ін-т геотехнічної механіки НАН України. – Дніпропетровськ, 200 . – Вип. . – С.
3. Проветривание и газовый режим шахты им. А.Ф. Засядько: состояние и пути совершенствования / Звягильский Е.Л., Булат А.Ф., Ефремов И.А., Бокий Б.В., Бунько Т.В., Кокоулин И.Е. // Донецк – Днепрпетровск, 2003. – 218 с.
4. Милетич А.Ф. Утечки воздуха в шахтах. М.: Госгортехиздат, 1962. – 132 с.
5. Фабрикант Н.Я. Аэродинамика. – М.: Наука, 1964. – 816 с.
6. Пучков Л.А., Алехичев С.П. О формуле закона сопротивления и методике расчета аэродинамических характеристик пористой среды зоны обрушения / В сб. «Технология разработки рудных месторождений Заполярья», изд. «Наука», М.–Л., 1964.
7. Пучков Л.А. Аэродинамика подземных выработанных пространств. – М.: МГТУ, 1993. – 267 с.
8. Грецингер Б.Е. Исследование аэрогазодинамики и разработка методов повышения эффективности проветривания выемочных участков газообильных шахт Донбасса. Докторская диссертация, ИГТМ, Днепрпетровск, 1974.