ҒТАМР 52.13.85 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.28-981**

ГАЗСЫЗДАНДЫРУ ҰҢҒЫМАЛАРЫНЫҢ СТАТИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІН АНЫҚТАУ

Б. Рысбекқызы, Ж.Б. Кадирова✉, Л.Б. Қадырова

Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан,
✉Корреспондент-автор: ardak_janar@mail.ru

Газсыздандыру ұңғымалары шахталар мен карьерлерді тау-кен газдарының жиналуынан қорғау жүйесінің маңызды элементі болып табылады, бұл жұмысшылар үшін қауіпті жағдайлардың алдын алады және жарылыс қаупін азайтады. Газсыздандыру ұңғымаларын жобалау мен пайдаланудың негізгі аспектілерінің бірі олардың статикалық сипаттамаларын дұрыс бағалау болып табылады, мысалы, өнімділік коэффициенттері, сүзу және газды бұру тиімділігіне әсер ететін басқа параметрлер. Бұл мақалада вакуумды арттыру арқылы ұңғымадан метан шығынының тәуелділігі талданды. Вакуумның әртүрлі мәндеріндегі метан шығынын сипаттайтын метан-ауа қоспасының параметрлерін есептеу әдістемесін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді. Екі өлшеу нүктесі бойынша коэффициенттерді есептеу әдісі ұсынылған. Ұңғымадан метан шығынын өлшеу кезінде қажет болатын метан-ауа қоспасының параметрлерін есептеу формулалары алынды.

Түйін сөздер: шахталық газсыздандыру жүйесі, газдың көптігін төмендету, вакуум, метанның шығыны, ұңғыманың сипаттамалары, коэффициенттерді есептеу формуласы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН

Б. Рысбекқызы, Ж.Б. Кадирова✉, Л.Б. Кадырова

Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан,
e-mail: ardak_janar@mail.ru

Дегазационные скважины являются важным элементом системы защиты шахт и карьеров от скоплений горных газов, что предотвращает возникновение опасных ситуаций для работников и снижает риск взрывов. Одним из ключевых аспектов проектирования и эксплуатации дегазационных скважин является правильная оценка их статических характеристик, таких как коэффициенты продуктивности, фильтрации и другие параметры, которые влияют на эффективность газоотведения. В данной статье проведен анализ зависимости дебита метана из скважины за счет увеличения вакуума. Проведены исследования по определению методики расчета параметров метано-воздушной смеси, характеризующих расход метана при различных значениях вакуума. Предложен метод расчета коэффициентов по двум точкам замера. Получены формулы для вычисления параметров метано-воздушной смеси, которые необходимы при измерении дебита метана из скважины.

Ключевые слова: шахтная дегазационная система, снижение газообильности, вакуум, дебит метана, характеристики скважины, формула расчета коэффициентов.

DETERMINATION OF COEFFICIENTS OF STATIC CHARACTERISTICS OF DEGASSING WELLS

B. Rysbekkyzy, Zh.B. Kadirova✉, L.B. Kadyrova

Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan,
e-mail: ardak_janar@mail.ru

Degassing wells are an important element of the mine and quarry protection system from accumulations of rock gases, which prevents dangerous situations for workers and reduces the risk of explosions. One of the key aspects of the design and operation of degassing wells is the correct assessment of their static characteristics, such as productivity coefficients, filtration and other parameters that affect the efficiency of gas extraction. This article analyzes the dependence of the methane flow rate from the well due to

an increase in vacuum. Studies have been conducted to determine the methodology for calculating the parameters of the methane-air mixture, characterizing the consumption of methane at various vacuum values. A method for calculating coefficients from two measuring points is proposed. Formulas have been obtained for calculating the parameters of the methane-air mixture, which are necessary when measuring the methane flow rate from a well.

Keywords: mine degassing system, reduction of gas abundance, vacuum, methane flow rate, well characteristics, coefficient calculation formula.

Кіріспе. Қазақстанда көмір шахталарын газсыздандыру және газсыздандыру ұңғымаларының статикалық сипаттамаларының коэффициенттерін анықтау мәселелері тау-кен өнеркәсібінің маңызды бөлігі болып табылады, әсіресе Қарағанды сияқты көмір бассейндерінде. Қазақстандағы ең ірілерінің бірі болып табылатын Қарағанды көмір бассейнінде құрамында метаны жоғары көмір қабаттары белсенді түрде игерілуде. Метанды тиімді өндіру және шахтаның қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін газсыздандырудың әртүрлі әдістері қолданылады, оның ішінде газсыздандыру ұңғымаларын бұрғылау [1,2]. Бұл ұңғымалардың статикалық сипаттамаларының коэффициенттерін анықтау олардың тиімділігін дәл бағалауға және газсыздандыру процестерін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Тиімді газсыздандыру тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуді қамтамасыз ету және метан жарылыстарын болдырмау үшін өте маңызды. Метанды тиімді өндіру және шахтаның қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін газсыздандырудың әртүрлі әдістері қолданылады, соның ішінде газсыздандыру ұңғымаларын бұрғылау [3]. Газсыздандыру ұңғымаларының статикалық сипаттамаларының коэффициенттерін анықтау көптеген факторларды, соның ішінде геологиялық жағдайларды, тау жыныстарының қасиеттерін, газ ағынының параметрлерін және оның жер қойнауында қозғалу механизмдерін есепке алуды талап етеді. Бұл коэффициенттер дәл есептеулерді қамтамасыз етеді және газсыздандыру жұмыстарын оңтайландыруға, көмір және басқа тау-кен кен орындарын игерудің қауіпсіздігі мен экономикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді [4]. Газсыздандыру жүйесін құрудың мақсаты - ұңғымалар арқылы метанның максималды мөлшерін алу және кен орындары мен кен орындарында метанның шығарылу дәрежесін төмендету.

Шахталық газсыздандыру кешенін басқарудың автоматтандырылған жүйесі объектінің уақыт бойынша өзгеретін статикалық және динамикалық сипаттамалары бар бақылау параметрлеріне сәйкес әсер ету арқылы газсыздандыру ұңғымаларынан метан алу мәселесін шешеді [5].

Материалдар мен әдістер. Шахтаның газсыздандыру жүйесінің сапасы мен тиімді жұмысын объективті бағалау үшін пайдаланылған метан-ауа қоспасының үш параметрінің мәні туралы ақпарат болуы қажет: газсыздандыру желісінің әртүрлі нүктелеріндегі вакуумның шамасы, метан-ауа желісінің ағынының жылдамдығы және ондағы метан концентрациясы [6].

Жалпы жағдайда $g_M = f(h)$ тәуелділігі экспоненциалды сипатқа ие және аналитикалық тәуелділік арқылы өрнектелуі мүмкін:

$$g_M = a – be^{-\alpha h} \quad (1)$$

мұндағы g_M – ұңғыдан шығатын метан шығыны, м^3/мин;

a - максималды мүмкін вакуумдағы метан шығынына сандық тең коэффициент, м^3/мин;

b - вакуумды h_0 = 0 ден h = hабс, м^3/мин дейін арттыру арқылы алынған метан мөлшеріне (өсу) сандық тең коэффициент;

α - вакуумның ұлғаюына байланысты метан шығынының ұлғаю қарқындылығын сипаттайтын коэффициент, *I* %вак;

h - ұңғыма сағасындағы вакуум (атмосфералық қысымға қатысты), %вак.

a, b, α коэффициенттері ұңғыма сипаттамалары болып табылады. Жұмыста [7] ұңғыма сағасындағы үш вакуумдық мәндер үшін a, b, α коэффициенттерін есептеу үшін аналитикалық өр-

нектер табылды. $h = h_0 = 0, h_1 = 0{,}5, h_2$ үшін өте қарапайым өрнектер алынған.

Нәтижелер және талқылау. a, b, α коэффициенттерін анықтаудың бұл әдісінің кемшілігі мынада:

- ұңғыма сағасындағы үш вакуумдық мәнде тәжірибелік деректерді алу қажеттілігі;

- h_1, h_2 қатаң көрсетілген үш мәнде арнайы өлшеулер жүргізу қажеттілігі.

Жоғарыда аталған кемшіліктерді жою және ұңғыма сипаттамаларын есептеу әдісін жетілдіру үшін авторлар үш емес, екі өлшеу нүктесін пайдаланып a, b, α коэффициенттерін анықтау әдісін ұсынады.

Ол үшін мына тұжырымды дәлелдейміз. Егер $y_1(x) = a_1(1 - e^{-\alpha 1x})$ және $y_2(x) = a_2(1 - e^{-\alpha 2x})$ функцияларының графиктеріне $x = x_1$ нүктесінде жанамалар салынса (1-сурет), онда $\alpha_1 = \alpha_2$ нүктесінде олар x осы бір $x = x_2$ нүктесінде қиылысады.

Дәлелдеу: $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ болған жағдайда $y_1(x)$, $y_2(x)$ функцияларының туындылары

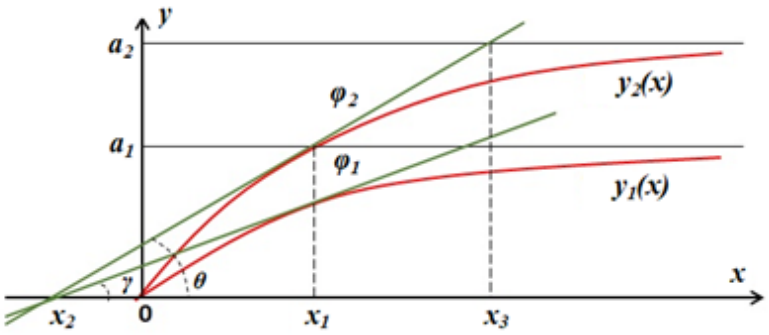
$$y_1'(x) = \alpha a_1 e^{-\alpha x} \qquad (2)$$

$$y_2'(x) = \alpha a_2 e^{-\alpha x}$$

Сонда $x=x_1$ үшін бізде бар

$$tg(\theta) = \alpha a_1 e^{-\alpha x1}$$

$$tg(\theta) = \alpha a_2 e^{-\alpha x1}$$



1 - сурет. $y_1(x)$, $y_2(x)$ функция графигі

Берілген тәуелділіктен (1) және жұмыста берілген шарттардан [8] a, b және α коэффициенттері үшін, үш вакуумдық мәндер үшін аналитикалық өрнектерді аламыз:

$$h_0 = 0, h_1 = 0.5h_2, h_2$$

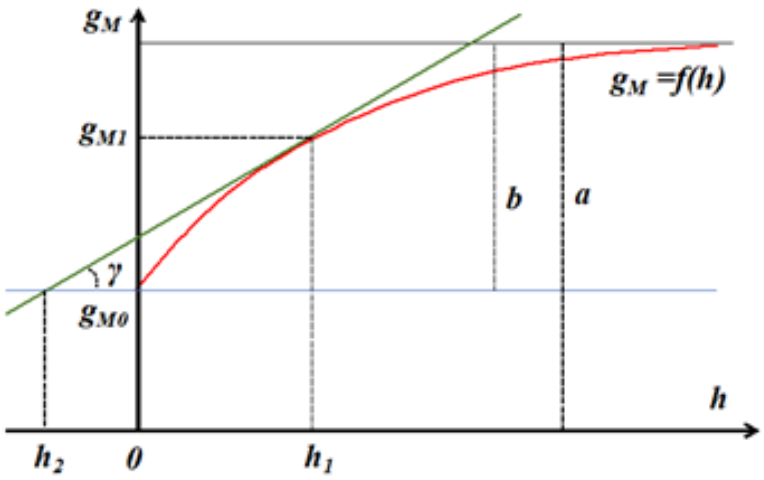
Бұл мәндерді негізгі теңдеуге ауыстырсақ, біз мынаны аламыз:

$$\begin{aligned} g_{M0} &= a - be^{-\alpha h_0} = a - b, \\ g_{M1} &= a - be^{-\alpha h_1}, \\ g_{M2} &= a - be^{-\alpha h_2} \end{aligned} \qquad (3)$$

$a = g_{M0} + b$, екінші және үшінші теңдеулерге (3) ауыстырып, b және α коэффициентін есептеуге арналған теңдеулер жүйесін аламыз.

$$\begin{aligned} g_{M1} &= (g_{M0} + b) - be^{-\alpha h_1}, \\ g_{M2} &= (g_{M0} + b) - be^{-\alpha h_2} \end{aligned} \qquad (4)$$

Бұл есептеулер (4) мүмкіндік береді: газсыздандыру ұңғымаларының жеке сипаттамаларын анықтауға, әртүрлі деңгейдегі вакуумдаудың тиімділігін бағалауға, вакуум өзгерген кезде метан шығынын болжауға. Осылайша, әртүрлі вакуумдарда үш өлшемді қолдана отырып, шахтаның газсыздандыру жүйесінің тиімділігін сандық бағалауға және әртүрлі жағдайларда ұңғыманың өнімділігін болжауға болады.



2 - сурет. Газсыздандыру ұңғымаларының статикалық сипаттамаларының коэффициенттерін анықтау

Әрі қарай, олар *x* осімен x_2', x_2'' әр түрлі нүктелерінде қиылысады деп есептеп, жанамалардың теңдеулерін құрастырамыз

$$\varphi_1 = (x - x_2')\,\alpha a_1 e^{-ax_1}$$

$$\varphi_2 = \left(x - x_2''\right)\alpha a_2 e^{-ax_1}$$

$\alpha_1 = \alpha_2$болғандықтан, онда $x = x_3$ үшін бізде (көрсеткіштердің белгілі қасиеті)

$$\begin{aligned}\varphi_1(x_3) &= a_1,\\ \varphi_2(x_3) &= a_2\end{aligned} \qquad (5)$$

$\varphi_1(x_3)$ ді $\varphi_2(x_3)$ бөліп нәтижесінде (5) ескере отырып аламыз

$$\frac{(x_3 - x_2')\alpha a_1 e^{-\alpha x_1}}{(x_3 - x_2'')\alpha a_2 e^{-\alpha x_1}} = \frac{a1}{a2}$$

Бірқатар қысқартулардан кейін бізде шығады:

$$\frac{x_3 - x_2'}{x_3 - x_2''} = 1 \qquad (6)$$

Яғни φ_1, φ_2 жанамалары *x* осін бір нүктеде қиып өткен жағдайда, (6) өрнек $x_2' = x_2''$, болғанда ғана жарамды.

Осылайша, мәлімдеме дәлелденді.

Бұдан шығатыны, яғни *α* берілген x_1 нүктесіндегі x_2 нүктесінің орнына тәуелді.

$$\alpha = F(x_1\ ,\ x_2)$$

1. - ші өрнек үшін *a* коэффициентін анықтау әдісін қарастырайық (2-сурет). Ол үшін [9] формуласы арқылы жанаманың $q_M = q_{M0}$ түзуімен қиылысуының h_2 нүктесін табамыз

$h_1 + h_2 = \frac{q_{M1} - q_{M0}}{tg\gamma}$,

мұндағы

$$tg\gamma = \frac{q_M}{h}/h = h_1$$

$\frac{q_M}{h}$ өсімін анықтау әдісі [10] берілген.

α коэффициенті *b* мәніне тәуелді емес болғандықтан (1-сурет), онда (1) және (2) негізінде a=1 үшін мынаны аламыз:

$$h_1 + h_2 = \frac{1 - e^{-\alpha h_1}}{\alpha e^{-\alpha h_1}} = \frac{1}{2}\left(e^{\alpha h_1} - 1\right) \qquad (7)$$

$e^{\alpha h_1}$ функциясын келесі түрдегі дәрежелік қатарға кеңейтейік:

$$e^{\alpha h_1} = 1 + \alpha h_1 + \frac{(\alpha h_1)^2}{2!} + \ldots + \frac{(\alpha h_1)^n}{n!} + \ldots \qquad (8)$$

(7) –ні (8) –ге қойып, нәтижесінде аламыз:

$$h_1 + h_2 = \frac{1}{2}\left(\alpha h_1 + \frac{(\alpha h_1)^2}{2!} + ... + \frac{(\alpha h_1)^n}{n!} + ...\right) = h_1 + \frac{(\alpha h_1)^2}{2!} + ... + \frac{\alpha^{n-1} h_1^n}{n!} + ... =$$
$$h_1\left(1 + \frac{\alpha h_1}{2!} + \frac{(\alpha h_1)^2}{3!} + ... + \frac{(\alpha h_1)^n}{(n+1)!} + ... h_1 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\alpha h_1)^n}{(n+1)!}\right) \quad (9)$$

$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\alpha h_1)^n}{(n+1)!}$ қатарын мүшелерді көбейтудің нәтижесі ретінде қарастыруға болады.

[11] қатарлар

$$1 + \frac{(\alpha h_1)}{1!} + \frac{(\alpha h_1)^2}{2!} + ... + \frac{(\alpha h_1)^n}{n!} + ...$$

Тізбек мүшелеріне

$$1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, ..., \frac{1}{n} ...; \quad (10)$$

(10) монотонды түрде кемитін тізбек бүкіл сан осінде нөлге ұмтылатындықтан, $\sum \frac{(\mathbf{h_1})^{\mathbf{n}}}{(\mathbf{n+1})!}$ Абель критерийінің шарттарын қанағаттандырады және сондықтан бүкіл сан осіне біркелкі жинақталады. Сонымен қатар, $\sum \frac{(\alpha h_1)^n}{(n+1)!}$ қатарының қосындысы төменде $ee^{\frac{\alpha h_1}{2}}$ функциясымен, ал жоғарыдан $e^{\alpha h_1}$ функциясымен шектелген. Компьютерде [12] жүргізілген есептеулер $\sum \frac{(\alpha h_1)^n}{(n+1)!}$ қатары екенін көрсетті $e^{\frac{\alpha h_1}{1,66}}$ жуықтау функциясымен ұсынылуы мүмкін.

(9) өрнегі келесі түрде болады

$h_1 + h_2 \approx h_1 e^{\frac{\alpha h_1}{1.66}}$

Әрі қарай логарифмдеп аламыз

$$\ln \frac{h_1 + h_2}{h_1} \approx \frac{\alpha h_1}{1.66}$$

Мұндағы

$$\alpha \approx \frac{1.66}{h_1} ln \frac{h_1 + h_2}{h_1} \quad (11)$$

b коэффициенті теңдеуден анықталады

$$q_{M1} - q_{M0} = b(1 - e^{-\alpha h_1})$$

Мұндағы

$$b = \frac{q_{M1} - q_{M0}}{1 - e^{-\alpha h_1}} \quad (12)$$

(9)-ды (10)-ға қою арқылы аламыз

$$b = (q_{M1} - q_{M0})(1 - e^{-1.66 ln \frac{h_1 + h_2}{h_1}})^{-1} = (q_{M1} - q_{M0})\left[1 - (\frac{h_1 + h_2}{h_1})^{-1.66}\right]^{-1}$$

Коэффициент

$$a = b + q_{M0} = q_{M0} + (q_{M1} - q_{M0})\left[1 - \left(\frac{h_1 + h_2}{h_1}\right)^{-1.66}\right]^{-1}$$

Қорытынды. Қазақстанда көмір шахталарын газсыздандыру әдістерін жетілдіруге және тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыруға көмектесетін газсыздандыру ұңғымаларының статикалық сипаттамаларының коэффициенттерін дәл анықтауға бағытталған ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстар белсенді жүргізілуде. Екі өлшеу нүктесінен коэффициенттерді есептеудің ұсынылған әдісі ұңғымалардың си-

паттамаларын арнайы өлшемдерсіз анықтауға мүмкіндік береді.

Метан-ауа қоспасының параметрлерін есептеу үшін формулалар алынды, олар ұңғыма сағасындағы ерікті вакуумдық мәндерде ұңғымалардың сипаттамаларын есептеуге мүмкіндік береді. Алынған формулаларды газсыздандыруды бақылау және басқарудың автоматтандырылған жүйелерінде пайдалану арнайы өлшеулер жүргізбей-ақ оңтайландыру процесінде ұңғымалардың сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер

1. Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Усенбеков М.С., Ахматнуров Д.Р. Исследование и пути совершенствования дегазационных работ для комплексного развития угольной промышленности: Монография // Караганда: Издательство КарГТУ. - 2017. - 242 с. ISBN 978-601-320-026-2

2. Drizhd N. A. [et al.]. Coalbed methane of Karaganda basin in the gas balance of the Republic of Kazakhstan: Status and prospect, Karaganda state technical university// Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. - 2017. - № 1. - P. 12-20.

3. GoncharoV.V., Tsirel S.V. Geodynamic methods for estimating methane distribution in coal deposits and measures to intensify methane flows using downhole degassing methods // Notes of the Mining Institute. - 2016. - T.222. - P.803-808. DOI 10.18454/PMI.2016.6.803.

4. Каркашадзе Г.Г., Ермак Г.П., Ютяев Е.П. Безопасная отработка газоносных угольных пластов по газовому фактору на основе учета свойств углепородного массива и параметров системы разработки // Горный информационно-аналитический бюллетень. Издательство «Горная книга». - 2014. - № 5. - С.152-156.

5. Сластунов С. В., Мазаник Е. В., Садов А. П., Хаутиев А. М.-Б. Апробация технологии комплексной дегазационной подготовки угольного пласта на базе его гидрорасчленения через скважины с поверхности // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2020. - № 2.- С.58-70. DOI 10.25018/0236-1493-2020-2-0-58-70.

6. Золотых С.С., Заблаговременная дегазация угольных пластов как фактор повышения безопасности на шахтах кузбасса // Горная Промышленность. - 2019. - № 5. -С.18-22. DOI 10.30686/1609-9192-2019-05-18-22.

7. Шатохин В.Н. Исследование и разработка методов и средств автоматизации шахтных дегазационных систем/ Дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук по спец.05.198- Автоматизация производственных процессов в горной промышленности. - 1971. - 145с.

8. Звягильский Е.Л., Бокий Б.В. Пути совершенствования технологических схем дегазации // Уголь. - 2007. - № 12.- С.17-22.

9. Карпов Е. Ф., Рязанов А. В. Автоматизация и контроль дегазационных систем/ М.: Недра. - 1983. - 190 с.

10. Бырька В. Ф., Местер И. М. Максимизация извлечения метана в шахтных дегазационных системах // Известия вузов. Горный журнал. - 1970. - № 10. - С.19-24.

11. Ильин В.А. Основы математического анализа: Учебник для ВУЗов. В.2-х ч. Ч.1: Учебник для вузов / М.: Физматлит. - 2014. - 648 с. ISBN 978-5-9221-0902-4.

12. Burlutskii E. An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling // Journal of Natural Gas Science and Engineering. - 2019. - Vol.62. - P.294 -301. DOI 10.1016/j.jngse.2018.12.017.

References

1. Drizhd N.A., Kamarov R.K., Usenbekov M.S., Ahmatnurov D.R. Issledovanie i puti sovershenstvovanija degazacionnyh rabot dlja kompleksnogo razvitija ugol' noj promyshlennosti: Monografija // Karaganda: Izdatel' stvo KarGTU. - 2017. - 242 s. ISBN 978-601-320-026-2. [in Russian]

2. Drizhd N. A. [et al.]. Coalbed methane of Karaganda basin in the gas balance of the Republic of Kazakhstan: Status and prospect, Karaganda state technical university// Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. - 2017. - № 1. - P. 12-20.

3. GoncharoV.V., Tsirel S.V. Geodynamic methods for estimating methane distribution in coal deposits and measures to intensify methane flows using downhole degassing methods // Notes of the Mining Institute. - 2016. - T.222. - P.803-808. DOI 10.18454/PMI.2016.6.803.

4. Karkashadze G.G., Ermak G.P., Jutjaev E.P. Bezopasnaja otrabotka gazonosnyh ugol' nyh plastov po gazovomu faktoru na osnove ucheta svojstv ugleporodnogo massiva i parametrov sistemy razrabotki // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. Izdatel' stvo «Gornaja kniga». - 2014. - № 5. - S.152-156. [in Russian]

5. Slastunov S. V., Mazanik E. V., Sadov A. P., Hautiev A. M.-B. Aprobacija tehnologii kompleksnoj degazacionnoj podgotovki ugol' nogo plasta na baze ego gidroraschlenenija cherez skvazhiny s poverhnosti // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. - 2020. - № 2.- S.58-70. DOI 10.25018/0236-1493-2020-2-0-58-70. [in Russian]

6. Zolotyh S.C., Zablagovremennaja degazacija ugol' nyh plastov kak faktor povyshenija bezopasnosti na shahtah kuzbassa // Gornaja Promyshlennost'. - 2019. - № 5. -C.18-22. DOI 10.30686/1609-9192-2019-05-18-22. [in Russian]

7. Shatohin V.N. Issledovanie i razrabotka metodov i sredstv avtomatizacii shahtnyh degazacionnyh sistem/ Diss. na soisk. uchen. stepeni kand. tehn. nauk po spec.05.198- Avtomatizacija proizvodstvennyh processov v gornoj promyshlennosti. - 1971. - 145c.

8. Zvjagil' skij E.L., Bokij B.V. Puti sovershenstvovanija tehnologicheskih shem degazacii // Ugol'. - 2007. - № 12. - S.17-22. [in Russian]

9. Karpov E. F., Rjazanov A. V. Avtomatizacija i kontrol' degazacionnyh sistem/ M.: Nedra. - 1983. - 190 s. [in Russian]

10. Byr' ka V. F., Mester I. M. Maksimizacija izvlechenija metana v shahtnyh degazacionnyh sistemah // Izvestija vuzov. Gornyj zhurnal. - 1970. - № 10.- S.19-24.

11. Il' in V.A. Osnovy matematicheskogo analiza: Uchebnik dlja VUZov. V.2-h ch. Ch.1: Uchebnik dlja vuzov / M.: Fizmatlit. - 2014. - 648 c. ISBN 978-5-9221-0902-4. [in Russian]

12. Burlutskii E. An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling // Journal of Natural Gas Science and Engineering. - 2019. - Vol.62. - P.294 -301. DOI 10.1016/j.jngse.2018.12.017.

Авторлар туралы мәліметтер

Рысбекқызы Бакытгүл - PhD, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің доцент м.а., Қарағанды, Қазақстан, e-mail: bakhytgulz@mail.ru;

Кадирова Ж. Б. - аға оқытушы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, ardak_janar@mail.ru;

Кадырова Л. Б. - аға оқытушы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, kadyrova.l86@mail.ru.

Information about the authors

Rysbekkyzy B. - PhD, Acting Associate Professor, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan,

e-mail:Bakhytgulz@mail.ru;

Kadirova Zhanar B. - senior lecturer, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, ardak_janar@mail.ru;

Kadyrova L. B. - senior lecturer, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, kadyrova.l86@mail.ru.