

УДК 622.7-913.3.001.57

Е.В. Семененко, д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,
И.Ю. Козарь, магистр,
К.К. Подоляк, аспирант,
(ИГТМ НАН Украины)
С.А. Рыжова, магистр
(ГП «Днепрогипрошахт»)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПИТЫВАНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ ЖИДКОСТЬЮ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЕЙ

Є.В. Семененко, д-р техн. наук, ст. наук. співр.,
І.Ю. Козар, магістр,
К.К. Подоляк, аспірант
(ІГТМ НАН України)
С.О. Рижова, магістр,
(ДП «Дніпрогіпрошахт»)

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОСОЧУВАННЯ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК РІДИНОЮ ПІД ЧАС ПЕРЕРОБКИ ВУГІЛЛЯ

E.V. Semenenko, D. Sc. (Tech.), Senior Researcher,
I.Y. Kozar, Master of Science,
K.K. Podolyak, Doctoral Student
(IGTM, NAS of Ukraine)
S.A. Rizhova, Master of Science,
(SE «Dneprogiproshaht»)

MODELING OF A PROCESS OF FLUID PENETRATION INTO THE SOLID PARTICLES AT THE COAL PROCESSING

Аннотация. Обоснована перспективность использования водоугольного топлива в Украине. Рассмотрены две математические модели процесса пропитывания угольного агломерата полностью погруженного в жидкость. В первой математической модели принималось, что одна часть агломерата будет заполнена сжатым газом, а другая (наружный слой) – фильтрующейся жидкостью. Во второй модели на угольный агломерат действовало внешнее электрическое поле и пренебрегался эффект заземления газа. В результате исследования, выполненного в статье, были полученные зависимости для определения времени и степени пропитывания рассматриваемого угольного агломерата. Показана линейная аппроксимация степени пропитывания угольного агломерата от времени процесса. Данные зависимости позволяют обосновать параметры технологий приготовления водоугольного топлива при предварительном смешивании с разупрочнением угля поверхностно-активными веществами и с помощью электрогидравлического воздействия.

Ключевые слова: угольный агломерат, пропитывание, математическая модель.

Развитие угольной промышленности имеет большое значение для экономической и энергетической безопасности Украины. Обусловлено это тем, что залежи угля в отличие от нефти и газа огромны.

Доказанные запасы угля в нашей стране составляют 33,8 млрд т, которых при текущем уровне добычи должно хватить более чем на 400 лет. Согласно Энергетической стратегии Украины [1] добыча угля будет увеличиваться и на период до 2015 года объем добычи прогнозируется на уровне 91,7 млн т в год. Переход ТЭЦ на уголь позволит сэкономить до 6 млрд м³ газа в год.

Использование угля в качестве топлива приводит к выбросам газов, образующихся при термическом разложении угля, включая диоксид серы, диоксид азота, диоксид углерода и ряд других химических веществ. Такие выбросы оказывают негативное воздействие на окружающую среду, что способствует появлению кислотных дождей и изменению климата. Кроме того, при транспортировании угля необходимо принимать меры, исключающие его потери и образование угольной пыли. В результате, требуется применение прогрессивных технологий переработки углей для уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и снижения затрат на перевозку. Один из возможных вариантов – это применение технологий водоугольного топлива (ВУТ), которое представляет из себя дисперсную топливную суспензию, созданную на основе размолотого до частичек определенной крупности угля с водой или, в случае необходимости, с водным раствором специальных реагентов.

Основными достоинствами ВУТ считаются [2]:

- сокращение выбросов соединений NO_x (включен в Киотский протокол);
- является пожаро- и взрывобезопасным;
- удобно при транспортировке;
- может использоваться совместно с другими видами топлива;
- безопасность для окружающей среды при внезапных разливах;
- почти полное исключение потерь теплоты через высокую степень сжигания.

Мировой и отечественный опыт показывает, что в качестве исходного продукта для изготовления ВУТ можно использовать весь метаморфический ряд – от бурого угля до антрацитов, при этом изменяться будет только технология изготовления суспензии [3]. В зависимости от состава угля и воды подбирают химические добавки, которые позволяют получить необходимые реологические, седиментационные и топочные свойства ВУТ. Обычно на практике, исходя из стремления обеспечить самое благоприятное соотношение производительность/экономичность, в качестве химических примесей используют поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые могут быть получены в промышленных условиях.

Известные технологии приготовления ВУТ предполагают три возможных варианта образования суспензии [2, 3]:

- смешивание после операции измельчения исходного угля;
- смешивание в процессе измельчения;
- смешивание воды с углем до подачи в мельницу.

Как показывают результаты экспериментальных исследований, суспензия, приготовленная с предварительным перемешиванием, обладает более высокими показателями по статической и динамической седиментационной стабильности,

агрегативной устойчивости и реологическим характеристикам [3]. Получение ВУТ с такими свойствами является актуальной и важной проблемой, решение которой способствует широкому внедрению рассматриваемых технологий в отечественных условиях. Очевидно, что эффективность взаимодействия твердых частиц с реагентом, при предварительном их замачивании в растворе этого реагента, определяется параметрами процесса пропитывания. Чем глубже раствор проникнет в поры угольных частиц до их поступления в мельницу, тем выше эффект улучшения свойств ВУТ, тем меньше энергоемкость измельчения и тем лучше параметры гранулометрического состава измельченного материала.

Известны работы ряда авторов, направленные на исследование процесса пропитывания жидкостью угольных пластов и горных пород [4-6], также известны исследования процесса пропитывания пористых агломератов при транспортировании по трубопроводу [7]. Однако результаты этих исследований не применимы для описания процесса пропитывания угольных частиц при приготовлении ВУТ, поскольку они ориентированы на высокие давления нагнетаемой жидкости, импульсный или нестационарный режим нагнетания, пренебрежение влиянием сил поверхностного натяжения.

Таким образом, целью данной статьи является разработка модели процесса пропитывания твердых частиц жидкостью с учетом особенностей технологии приготовления ВУТ.

Процесс пропитывания угольного агломерата, полностью погруженного в жидкость, будет рассматриваться при атмосферном давлении окружающей среды для двух вариантов: первый, когда газ в порах агломерата сжимается; второй, когда газ свободно вытесняется из пор агломерата жидкостью. Предполагается, что угольный агломерат имеет сферическую форму.

При первом варианте, предположим, что за некоторый промежуток времени жидкость профильтровалась на определенную глубину. В результате одна часть агломерата будет заполнена сжатым газом, а наружный слой – фильтрующейся жидкостью. Поверхность сферы с радиусом δ_0 является границей раздела двух фаз – газа и жидкости. Уравнение пропитывания такого угольного агломерата с начальным условием будут иметь вид [8, 9]:

$$\frac{d\delta_0}{dt} = - \frac{mf_{жс} (p_{атм} + \rho_{жс}gz + 4\sigma / \delta_p)\delta_0^{3n} - p_{атм}\delta_s^{3n}}{\rho_{жс}g (\delta_s - \delta_0)\delta_0^{3n+1}} \delta_s; \quad (1)$$

$$\delta_0(t=0) = \delta_s, \quad (2)$$

где t – время, с; m – пористость материала частицы; $f_{жс}$ – коэффициент фильтрации, м/с; $\rho_{жс}$ – плотность жидкости, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; $p_{атм}$ – атмосферное давление, Па; z – геометрический напор в рассматриваемом сечении, м; σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м; δ_p – средний диаметр поры, м; n – показатель политропы про-

цесса сжатия газа в порах; δ_s – радиус угольного агломерата, м.

Из анализа литературы [8] следует, что можно принять $n = 1$. При равенстве нулю правой части уравнения (1) процесс пропитывания прекращается. Тогда из уравнения (1) получим

$$\delta_k = \left(\frac{P_{амм} \delta_s^3}{P_{амм} + \rho_{жс} g z + 4\sigma / \delta_p} \right)^{1/3}, \quad (3)$$

где δ_k – радиус границы раздела, до которой проходит процесс пропитывания, м.

Запишем уравнение пропитывания угольного агломерата с начальным условием в безразмерном виде

$$\frac{dx}{d\tau_0} = - \frac{x^3 - x_0^3}{(1-x)x^4}, \quad (4)$$

$$x(\tau_0 = 0) = 1; \quad (5)$$

$$x = \frac{\delta_0}{\delta_s}; \quad x_0 = \frac{\delta_k}{\delta_s}; \quad \tau_0 = \frac{t f_{жс} m P_{амм}}{x_0^3 \rho_{жс} g \delta_s^2}, \quad (6)$$

где x , x_0 – соответственно степень пропитывания и степень непроницаемости угольного агломерата; τ_0 – безразмерное время пропитывания.

Тогда проинтегрировав уравнение (4) с учетом начального условия (5), получим выражение для определения времени пропитывания угольного агломерата в безразмерном виде

$$\tau_0 = \frac{1}{6} \left(2x^3 - 3x^2 + 1 - x_0^2 \ln \left(\frac{(x-x_0)^3 (1-x_0^3)}{(x^3-x_0^3)(1-x_0)^3} \right) + \right. \\ \left. + 2x_0^3 \ln \left(\frac{x^3-x_0^3}{1-x_0^3} \right) - 2\sqrt{3}x_0^2 \operatorname{arctg} \left(\frac{\sqrt{3}x_0(x-1)}{2x_0^2 + 2x + x_0(x+1)} \right) \right) \quad (7)$$

В некоторых случаях последними тремя слагаемыми в уравнении (7), согласно результатам работы [8], можно пренебречь. В результате безразмерное время пропитывания угольного агломерата определяется по выражению

$$\tau_0 = \frac{1}{6}(2x^3 - 3x^2 + 1). \quad (8)$$

Для определения степени пропитывания угольного агломерата x решим кубическое уравнение (8) по формулам Кардано [10]. Учитывая, что $0 \leq x \leq 1$ и $\tau_0 \leq \frac{1}{6}$, уравнение (8) будет иметь только один действительный корень

$$x = \frac{1}{2} - \cos\left(\frac{\arccos(12\tau_0 - 1)}{3} + \frac{\pi}{3}\right). \quad (9)$$

В случае пренебрежения эффекта заземления газа в порах, и предполагая, что на угольный агломерат действует внешнее электрическое поле, уравнение, определяющее поток жидкости в пропитываемой частице [11] с граничными условиями будет иметь вид

$$\frac{dj}{d\delta_0} = -\frac{d}{d\delta_0}\left(\frac{[K]}{\eta} 4\pi\delta_0^2 \frac{dp}{d\delta_0}\right); \quad (10)$$

$$p(\delta_0 = \delta_s) = p_{атм}; \quad (11)$$

$$p(\delta_0 = 0) = p_{атм} - \frac{\sigma \cos \theta s}{b} - \frac{\varepsilon E}{4\pi\delta_s}(\xi - \psi), \quad (12)$$

где j – поток жидкости в пропитываемую частицу, м³/с; $[K]$ – проницаемость, м⁵/кг; η – вязкость, Н·с/м²; E – напряженность электрического поля, В/м; θ – угол смачивания; s – удельная поверхность, м²/кг; b – пористость, м³/кг; ε – диэлектрическая постоянная, Ф/м; ξ – дзета-потенциал, В; ψ – потенциал, вызванный насыщением двойного слоя в отсутствие напряженности электрического поля, В.

Решив уравнение (10), получим

$$j = \frac{4\pi\delta_s\delta_0}{\delta_s - \delta_0} \frac{[K]}{\eta} \left(\frac{\sigma \cos \theta s}{b} + \frac{\varepsilon E}{4\pi\delta_s}(\xi - \psi) \right). \quad (13)$$

Уравнение фронта пропитывания частицы записывается в следующем виде [11]

$$4\pi b \delta_0^2 \frac{d\delta_0}{dt} = -j. \quad (14)$$

Подставим выражение (13) в уравнение (14) получим

$$\delta_0(\delta_s - \delta_0) \frac{d\delta_0}{dt} = - \left(\delta_s \frac{[K]}{\eta b} \left(\frac{\sigma \cos \theta_s}{b} + \frac{\varepsilon E}{4\pi\delta_s} (\xi - \psi) \right) \right). \quad (15)$$

Преобразовав уравнение (15) с учетом выражения (4) будем иметь безразмерное уравнение пропитывания угольного агломерата с начальным условием при воздействии на него внешним электрическим полем и без учета эффект заземления газа в порах

$$\frac{dx}{d\tau_e} = - \frac{1}{x - x^2}; \quad (16)$$

$$x(\tau_e = 0) = 1; \quad (17)$$

$$\tau_e = \frac{1}{\delta_s^2} \frac{[K]}{\eta \cdot b} \left(\frac{\sigma \cos \theta_s}{b} + \frac{\varepsilon E}{4\pi\delta_s} (\xi - \psi) \right) t, \quad (18)$$

где τ_e – безразмерное время пропитывания при действии внешнего электрического поля.

Проинтегрировав уравнение (16) с учетом начального условия (17), получим выражение для определения времени пропитывания угольного агломерата в безразмерном виде

$$\tau_e = \frac{1}{6} (2x^3 - 3x^2 + 1). \quad (19)$$

В уравнениях (19) и (8) правые части равны, следовательно, степень пропитывания угольного агломерата x в двух рассматриваемых случаях будет определяться по выражению (9).

На рис. 1 представлена зависимость безразмерного времени пропитывания от степени пропитывания угольного агломерата, вычисленная по уравнению (8).

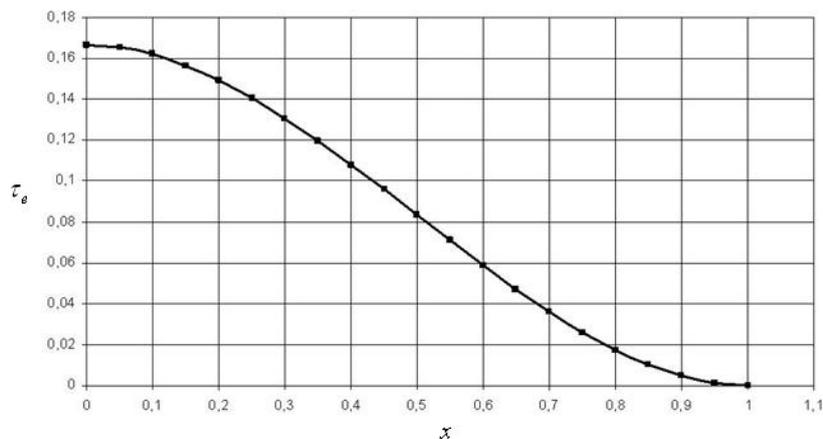


Рисунок 1 – Зависимость безразмерного времени пропитывания от степени пропитывания угольного агломерата

Зависимость степени пропитывания угольного агломерата от безразмерного времени процесса пропитывания, рассчитанная по выражению (9), изображена на рис. 2.

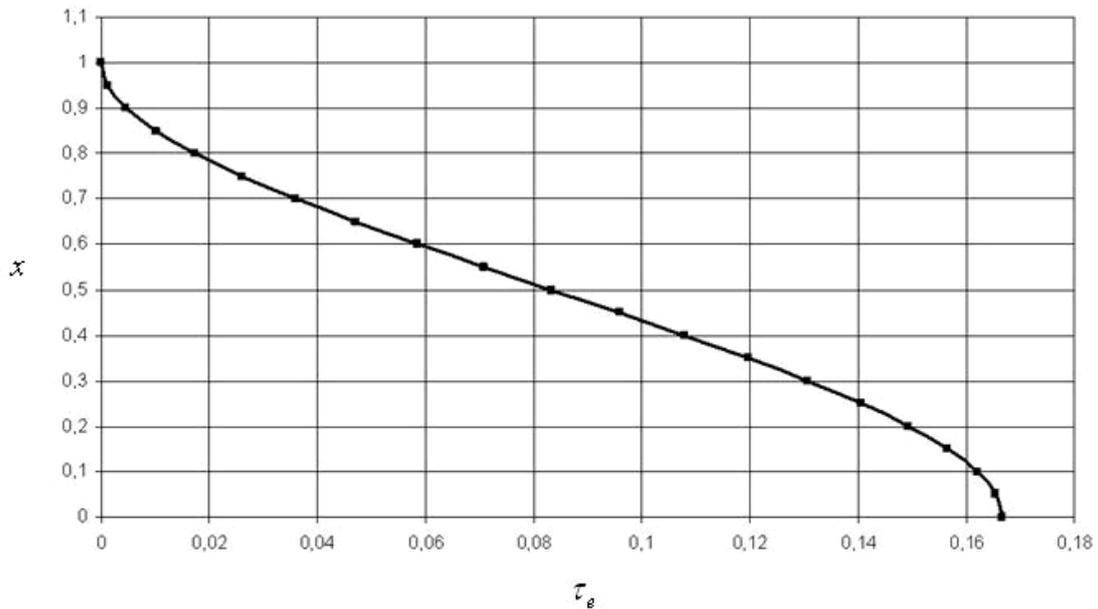


Рисунок 2 – Зависимость степени пропитывания угольного агломерата от безразмерного времени процесса

На рис. 2 видно, что на участке $0,2 \leq x \leq 0,8$ изменение степени пропитывания угольного агломерата от безразмерного времени процесса можно представить в виде линейной зависимости (рис. 3).

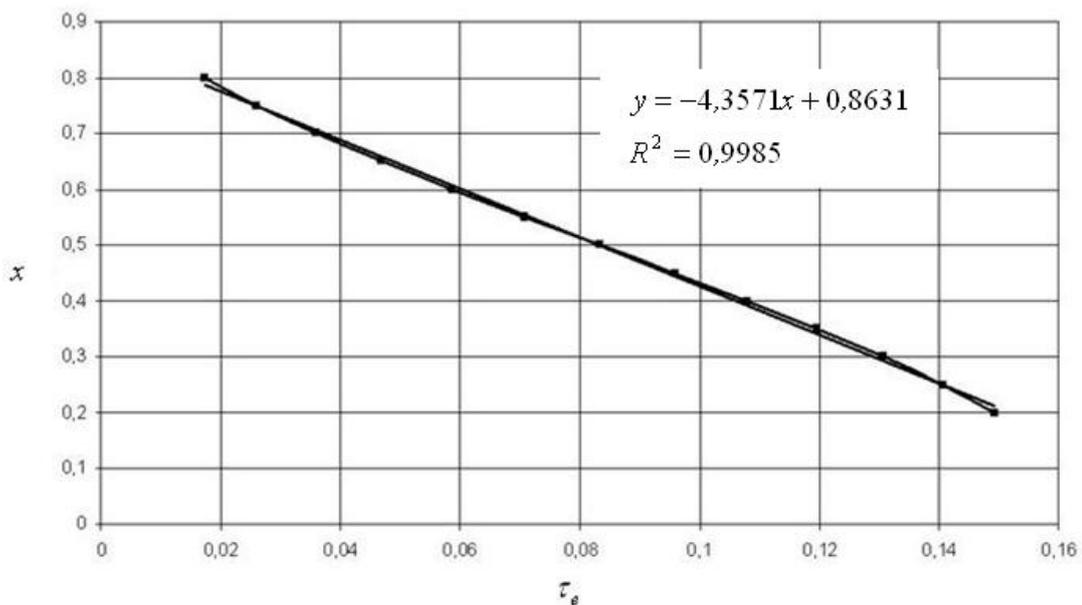


Рисунок 3 – Линейная аппроксимация степени пропитывания угольного агломерата от безразмерного времени процесса

Из выражений (8), (9) и (19), а также из рис. 1 и 2, видно, что безразмерная длительность процесс пропитывания составляет

$$\tau_0 = \frac{1}{6}. \quad (20)$$

Выражение (20) с учетом формул (3), (6) и (18), позволяет определить реальную длительность процесса пропитывания с учетом особенностей приготовления ВУТ, а также оценить влияние таких факторов как добавление ПАВов и наложение внешнего электрического поля:

$$t_* = \frac{\frac{\rho_{жс} g \delta_s^2}{6 m f_{жс} P_{атм}}}{1 + \frac{\rho_{жс} g z}{P_{атм}} + \frac{4\sigma}{\delta_p P_{атм}}}; \quad t_* = \frac{\frac{\eta b \delta_s^2}{6[K]}}{\frac{\sigma \cos \theta_s}{b} + \frac{\varepsilon E}{4\pi \delta_s} (\xi - \psi)}, \quad (21)$$

где t_* – длительность процесса пропитывания угольных частиц, с.

Из формул (21) видно, что приложение внешнего электрического поля или повышение концентрации ПАВа приводит к снижению времени пропитывания, поскольку слагаемые, учитывающие влияние этих факторов, находятся в знаменателе соответствующих выражений.

В ходе исследования, выполненного в статье, были рассмотрены две математические модели процесса пропитывания твердых частиц жидкостью при переработке углей. В первой математической модели принималось, что угольный агломерат помещен в раствор ПАВ, и одна его часть заполнена сжатым газом, а другая (наружный слой) – фильтрующей жидкостью. Во второй модели на агломерат действовало внешнее электрическое поле и пренебрегался эффект сжатия газа в порах. В результате работы были получены зависимости для определения времени и степени пропитывания рассматриваемых угольных агломератов. Данные зависимости позволяют обосновать параметры технологий приготовления ВУТ при предварительном смешивании с разупрочнением угля ПАВами и с помощью электрогидравлического воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сметанина, Т. Европейцы определились с инвестициями / Т. Сметанина // Комментарии. – 2012. – №16. – С. 18.
2. Семененко, Е.В. Перспективы применения новых технологий приготовления и транспортирования водоугольного топлива / Е.В. Семененко, И.Ю. Козар // Сб. докладов XI Международной научно-технической конференции «Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности». – Екатеринбург, 2013. – С. 20-23.
3. Круть, О.А. Водовугільне паливо / О.А. Круть. – К.: Наукова думка, 2002. – 172 с.
4. Баранов, С.И. Интенсификация растворимости углей в органических растворителях / С.И. Баранов, Н.К. Неронин, Г.В. Самойленко // Изменение свойств угля при химических и физических воздействиях: Сб. науч. трудов / Институт физико-органической химии и углехимии. – Киев, 1984. – С. 102-110.
5. Потураев, В.Н. Пульсационные и волновые эффекты в горном массиве / В.Н. Потураев, С.П. Минеев. – К.: Наукова думка, 1993. – 143 с.
6. Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты / А.Ф. Булат, К.К. Со-

фийский, Д.П. Силин [и др.]. – Днепропетровск, 2003. – 220 с.

7. Семененко, Е.В. Нестационарные задачи фильтрации и дезинтеграции в процессах гидротранспорта сыпучих материалов: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.15.11: защищена 06.07.98: утв. 16.10.98 / Е.В. Семененко. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 1998. – 183 с.

8. Семененко, Е.В. Влияние параметров гидротранспорта на процесс пропитывания пористых транспортируемых агломератов / Е.В. Семененко // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 1997. – Вып. 2. – С. 145-148.

9. Семененко, Е.В. Математическое моделирование процесса пропитывания угольных агломератов / Е.В. Семененко, И.Ю. Козарь, К.К. Подоляк // Сб. докладов Межгосударственной научно-методической конференции «Проблемы математического моделирования». – Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2013. – С. 83-85.

10. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Под ред. И.Г. Арамановича. – М.: Наука, 1973. – 832 с.

11. Хейфец, Л.И. Многофазные процессы в пористых средах / Л.И. Хейфец, А.К. Несмак. – М.: Химия, 1982. – 320 с.

REFERENCES

1. Smetanina, T. (2012), “The Europeans decided to investments”, *Kommentarii* [Comments], no. 16, pp. 18.

2. Semenenko, E.V. and Kozar, I.Y. (2013), “Prospects for the application of new technology of preparation and transportation of coal-water fuel”, *Sb. dokladov XI Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii* [Proceedings of the 11th International scientific and technical conference], *Tehnologicheskoe oborudovanie dlya gornoy i neftegazovoy promyshlennosti* [Technological equipment for the mining and oil-and-gas industries], Yekaterinburg, Russia, 4-5 April, pp. 20-23.

3. Krut, O.A. (2002), *Vodovugilne palyivo* [Coal-water fuel], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.

4. Baranov, S.I., Neronin, N.K. and Samoilenko, G.V. (1984), “Intensification of coal solubility in organic solvents”, *Izmenenie svoystv uglya pri himicheskikh i fizicheskikh vozdeystviyah* [Changing the properties of coal to chemical and physical influences], Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry, pp. 102-110.

5. Poturaev, V.N. and Mineev, S.P. (1993), *Pulsatsionnyie i volnovyie efektyi v gornom massive* [Pulsation and wave effects in massif], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.

6. Bulat, A.F., Sofiyskiy, K.K. and Silin, D.P. (2003), *Gidrodinamicheskoe vozdeystvie na gazonasyischennyye ugolnyie plastyi* [Hydrodynamic effect on gas-saturated coal beds], Dnepropetrovsk, Ukraine.

7. Semenenko, E.V. (1998), “Non-stationary filtration and disintegration problems in hydraulic transport processes of bulk materials”, Ph.D. Thesis, Physical processes of mining, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.

8. Semenenko, E.V. (1997), “The influence of hydraulic transport parameters on soaking process of transported porous agglomerates”, *Geotekhnicheskaya mehanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 2, pp. 145-148.

9. Semenenko, E.V., Kozar, I.Y. and Podolyak, K.K. (2013), “Mathematical modeling of soaking process of coal agglomerates”, *Sb. dokladov Mezghosudarstvennoy nauchno-metodicheskoy konferentsii* [Proceedings of the Interstate scientific conference], *Problemyi matematyichnogo modelyuvannya* [Problems of mathematical modeling], Dniprodzerzhynsk State Technical University, Dniprodzerzhynsk, Ukraine, 5-7 June, pp. 83-85.

10. Korn, G. and Korn, T. (1973), *Spravochnik po matematike dlya nauchnyih rabotnikov i inzhenerov* [Mathematical handbook for scientists and engineers], 2nd ed., Translated by Aramanovicha, I.G., Berezman, A.M. and Vaynshteyn, I.A., in Aramanovicha, I.G. (ed.), Nauka, Moscow, Russia.

11. Heyfets, L.I. and Nesmak, A.K. (1982), *Mnogofaznyie protsessyi v poristyih sredah* [Multiple-phase processes in porous mediums], Himiya, Moscow, Russia.

Об авторах

Семененко Евгений Владимирович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом проблем шахтных энергетических комплексов, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, evs_igtm@mail.ru

Козарь Ирина Юрьевна, инженер отдела проблем шахтных энергетических комплексов, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, ira_kom@ua.fm

Подольак Константин Константинович, аспирант, инженер отдела проблем шахтных энергетических комплексов, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, savall722@yandex.ru

Рыжова Светлана Алексеевна, инженер отдела обеспечения компьютерных технологий, Государственное предприятие «Днепрогипрошахт» Министерство энергетики и угольной промышленности Украины (ГП «Днепрогипрошахт»), Днепропетровск, Украина, evs_post@meta.ua

About the authors

Semenenko Evgeniy Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Senior Researcher, Head of Department of Mine Energy Complexes, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, evs_igtm@mail.ru

Kozar Iryna Yurevna, Engineer in Department of Mine Energy Complexes, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, ira_kom@ua.fm

Podolyak Konstantin Konstantinovich, Doctoral Student, Engineer in Department of Mine Energy Complexes, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, savall722@yandex.ru

Rizhova Svetlana Alekseevna, engineer of department of ensuring computer technologies, State Enterprise "Dneprogiproshah" under the Ministry of Energy and coalindustries of Ukraine (SE «Dneprogiproshah»), Dnepropetrovsk, Ukraine, evs_post@meta.ua

Анотація. Обґрунтована перспективність використання водовугільного палива в Україні. Розглянуто дві математичні моделі процесу просочення вугільного агломерату повністю зануреного в рідину. В першій математичній моделі приймалося, що одна частина агломерату буде заповнена стислим газом, а інша (зовнішній шар) – рідиною, що фільтрується. В другій моделі на вугільний агломерат діяло зовнішнє електричне поле і нехтував ефект затискання газу. В результаті дослідження, виконаного в статті, були одержані залежності для визначення часу і ступеня просочення даного вугільного агломерату. Показана лінійна апроксимація ступеня просочення вугільного агломерату від часу процесу. Дані залежності дозволяють обґрунтувати параметри технологій приготування водовугільного палива при попередньому змішуванні з розусталенням вугілля поверхнево-активними речовинами і за допомогою електрогідравлічної дії.

Ключові слова: вугільний агломерат, просочення, математична модель.

Abstract. In this paper, a promising use of coal-water fuel in Ukraine is discussed. Two mathematical models of a soaking process in the coal agglomerate completely immersed into the fluid are considered. In the first mathematical model, it was assumed that one part of the agglomerate was filled with compressed gas and another part (outer layer) – with filter liquid. In the second model, the coal agglomerate was under the impact of external electric field, and gas compression effect was neglected. As a result of the research, dependences were specified for determining time period for and degree of coal agglomerate soaking. Linear approximation of the degree of coal agglomerate soaking depending on duration of the process was shown. The obtained dependences allow to validate parameters of technologies for the coal-water fuel preparation with the prior coal mixing and softening by surfactants and with the help of electrohydraulic impact.

Keywords: coal agglomerate, soaking, mathematical model.

Статья поступила в редакцию 06.07.2013

Рекомендована к печати д-ром техн.наук Б.А. Блюссом

УДК 622.411.332:533.17

Г.П. Стариков, д-р техн. наук,
В.В. Завражин, канд. техн. наук,
Я.В. Шажко, мл. научн. сотр.,
(ИФГП НАН Украины)
Ш.В. Мамлеев, магистр
(ОП «Шахтерская-Глубокая»
ГП «Шахтерскантрацит»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОНОСНОСТИ И ДАВЛЕНИЯ МЕТАНА В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

Г.П. Старіков, д-р техн. наук,
В.В. Завражин, канд. техн. наук,
Я.В. Шажко, мл. научн. сотр.
(ІФГП НАН України)
Ш.В. Мамлеєв, магістр
(ОП «Шахтарська-Глибока»
ДП «Шахтарськантрацит»)

ВИЗНАЧЕННЯ ГАЗОНОСНОСТІ І ТИСКУ МЕТАНА У ВУГЛЬНИХ ПЛАСТАХ

G.P. Starikov, D. Sc. (Tech.),
V.V. Zavrzhin, Ph.D. (Tech.),
Ya. V. Shazhko, Juniou Researcher
(IPMP NAS of Ukraine)
Sh. V. Mamleyev, Master of Science
(AP «Shakhtersraya-Glubokaya
SP «Shakhterskantratsit»)

DETERMINATION OF GAS CONTENT AND METHANE PRESSURE IN THE COAL SEAMS

Аннотация. Проведена количественная оценка содержания свободного и адсорбированного метана в открытых порах и микроблоках каменного угля, насыщенного метаном. Для установления закономерностей степени изменения плотности потока газа из трещиновато-пористой структуры угля была обоснована физическая модель угольного вещества, включающая трещины, соединенные с открытыми порами (фильтрационный объем), и закрытые поры. Установлено, что количество метана в транспортных каналах (порах) составляет более трети от общего содержания в угле. Обоснован метод и средства оценки газоносности и давления метана в угле, основанный на особенностях газовой эмиссии метана. Установлен механизм десорбции метана из угля, учитывающий особенности трещиновато-пористой структуры угля и фазового состояния метана в нем. Обоснованы технические параметры, разработан и испытан шахтный измеритель газоносности и давления метана в угольном массиве.

Ключевые слова: свободный и адсорбированный метан, газоносность, давление метана.

© Г.П.Стариков, В.В. Завражин, Я.В. Шажко, Ш.В. Мамлеев, 2013