

enrichment by friction with force removal of the rock have passed experimental testing on laboratory stands and industrial implementation..

Keywords: enrichment, friction, rock, coal, energy conservation.

УДК 622.731(047)

ДРОБИМІСТЬ ВУГІЛЛЯ МЕТОДОМ ПРОТОД'ЯКОНОВА.

Коваль В.В.¹. Мірошниченко Д.В.².

Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», 61023, м. Харків, вул. Весніна, 7, Україна

¹Коваль Валентин Валерійович, провідний інженер вугільного відділу ДП «УХІН»
e-mail: kovalen79@gmail.com

². Мірошниченко Денис Вікторович, завідувач кафедри технології переробки нафти, газу та твердого палива, доктор технічних наук, професор, НТУ «ХПІ», 61002, г. Харків, вул. Кирпичева, 2, Україна, e-mail: dvmir79@gmail.com

Наведено дослідження складу, будови й властивостей вугілля України, РФ, США та Казахстану з показником коефіцієнта міцності за Протод'яконовим. Встановлено, що зниження коефіцієнта міцності по Протод'яконову викликано зростанням у вугіллі вмісту загального вуглецю (C^{daf}), зниженням кисню (O_d^{daf}).

Встановлено, що показник K пов'язаний з багатьма показниками якості вугілля, а саме: ступенем метаморфізму, елементним, петрографічним і мінеральним складами, а також з показником розмолотості по Хардгроу.

Показник подрібнюваності вугілля K , що визначається методом Протод'яконова, задовільно прогнозується за вмістом вуглецю (C^{daf}), кисню (O_d^{daf}), показником відображення вітриніту R_o , а також по значенню коефіцієнта Хардгроу HGI .

Застосування метода визнаення величини коефіцієнта міцності вугілля по Протод'яконову дозволяє успішно з високою точністю оцінювати ступінь його впливу на витрати електроенергії на його подрібнення.

Ключові слова: вугілля, властивості подрібнення, коефіцієнт міцності за Протод'яконова, математичні рівняння, коефіцієнт кореляції

На теперішній момент відсутній метод визначення механічної міцності вугілля, що повною мірою відображав би його подрібнення в молотковій дробарці, яка застосовується при підготовці шихти в вуглепідготовчому цеху.

Для визначення подрібнюваності вугілля та шихт для коксування метод Протод'яконова більшою мірою відповідає умовам промислового подрібнення вуглепідготовчого цеху коксохімічних підприємств в силу того, що він найповніше відповідає сутності процесів, що відбуваються в молотковій дробарці, робота якої також ґрунтується на ударній дії – молотків о вугілля та о броньові плити, а ситовий склад подрібненої проби наближається до промислових значень порівняно з раніш нами висвітленими методами розмолу наважок вугілля заданого гранулометричного складу в проторованих шарових млинах (ВІМС, ВТІ, Хардгрова). Разом з тим, даний метод стандартизований, наочний і відносно простий в апаратурному оформленні, не потребує монтажу складного обладнання, значних капітальних, енергоємних вкладань.а також

закорельований з іншими показниками механічної міцності та потужністю дробильних пристроїв, що витрачається на подрібнення вугілля.

Сутність метода Протод'яконова задля оцінки подрібнюваності вугілля полягає в дробленні проби вугілля падаючою гирею, що скидається з постійної висоти та послідуочим визначенням гранулометричного складу дробленого вугілля. Руйнування зерен вугілля ударом падаючої гирі імітує умови подрібнення вугілля в молоткових дробарках, а ситовий склад подрібненої проби наближається до промислових значень. [1].

В даній роботі було досліджено 14 зразків вугілля різних типів (Україна, рф, США, Казахстан), що входять до сировинної бази коксохімічних підприємств України. Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновок про представленість вивченої нами вибірки вугільних концентратів.

Наведені дані свідчать-значення показника дроблення K в діапазоні взятої вибірки коливаються від 0,54 до 1,37 %.

Показник подрібнюваності вугілля K задовільно класифікує вугілля за ступенем його спротиву подрібнювальним зусиллям. Для вугілля газової групи цей показник коливається в інтервалі 1,05–1,37 од.; жирної групи від 0,55 до 0,86 од.; групи K (марок K , $K+KP$, KP и $КС$) від 0,54 до 0,93 од.; ПС 0,65–0,75 % (таблиця 1).

Окрім того, в дослідженому вугіллі визначали коефіцієнт розмолодатности по Хардгрову, внаслідок того, що він так само, як і коефіцієнт Протод'яконова дає уяву про сукупність таких фізико-механічних властивостей вугілля, як твердість, міцність, пружність, тріщинуватість, й залежить насамперед від стадії метаморфізму та від петрологічного складу вугілля [2,3].

Таблиця 1

Технологічні властивості дослідженого вугілля

Найменування	Марка	Технічний аналіз, %			Коефіцієнт розмолодатности по Хардгрову, од.	Коефіцієнт міцності по Протод'яконову, од.
		A^d	S_t^d	V^{daf}		
ТОВ «Ресурс», РФ	Г	9,9	0,34	37,7	48	1,05
ЦЗФ «Октябрьская», РФ	Г	7,2	1,32	38,6	38	1,37
Rock Leack, США	Ж	7,9	1,08	34,3	60	0,86
Wellmore, США	Ж	7,6	1,05	32,5	63	0,81
ЦЗФ «Щедрухинская», РФ	Ж	9,5	0,53	35,7	66	0,65
ЗФ «Березовская», РФ	Ж	8,6	0,51	32,5	64	0,55
Integrity, США	К	7,5	1,14	25,2	80	0,76
ОФ «Свято-Варваринська», Україна	К	7,2	0,63	27,6	75	0,65
ЗФ «Восточная», Казахстан	$K+KP$	10,8	0,39	26,3	69	0,54
ЗФ «Березовская», РФ	KP	7,6	0,40	21,3	75	0,88
Р-з Краснобродский, РФ	$КС$	7,8	0,32	24,7	70	0,93
ТОВ «Барзасское товарищество», РФ	$КС$	8,6	0,27	20,3	77	0,68
ЗФ «Березовская», РФ	ПС	9,9	0,33	19,2	86	0,75
Rocahontas, США	ПС	8,9	0,71	18,3	84	0,65

На рис. 1–4 наведені графічні залежності коефіцієнта подрібнюваності по Протод'яконову K від основних показників властивостей вугілля. На рисунку 5 наведено графік залежності коефіцієнта механічної міцності K від коефіцієнта розмолотдатності HGI , а на рис. 6 – зворотна залежність.

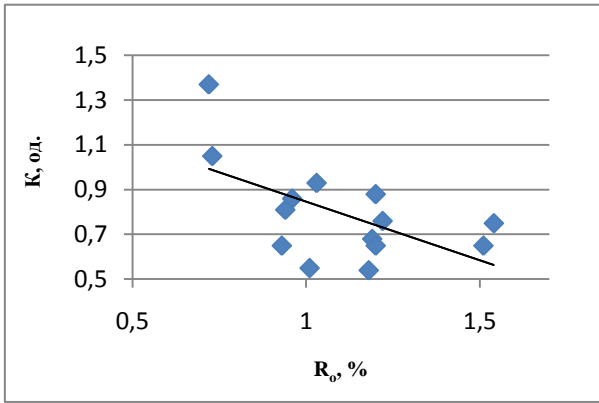


Рис. 1 Залежність K від R_o

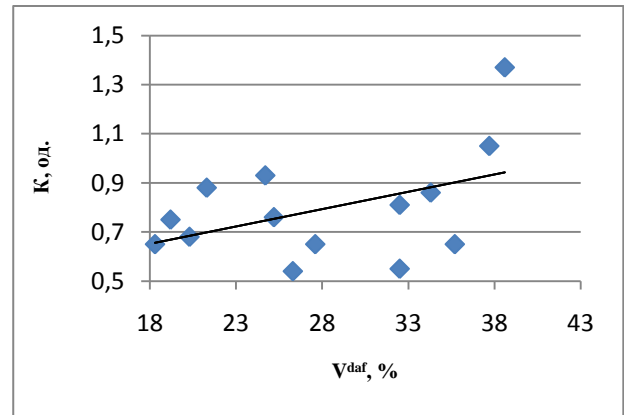


Рис. 2 Залежність K від V^{daf}

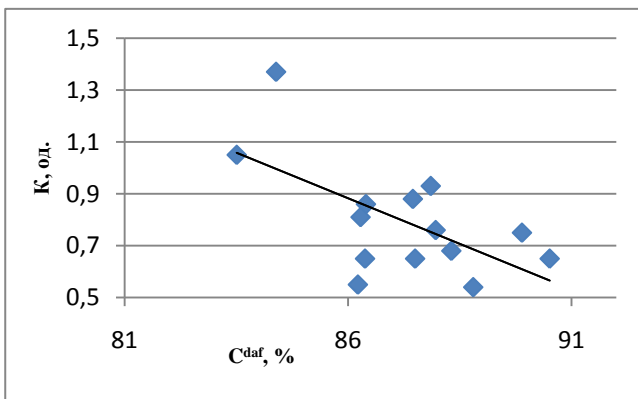


Рис. 3 Залежність K від C^{daf}

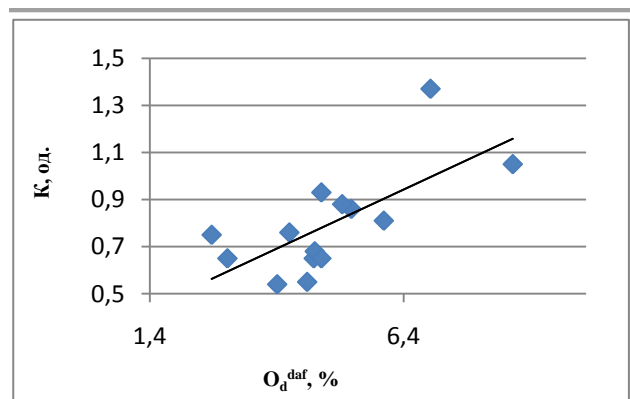


Рис. 4 Залежність K від O_d^{daf}

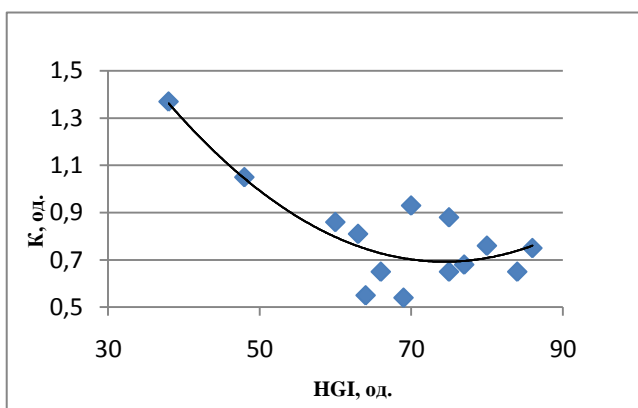


Рис. 5 Залежність K від HGI

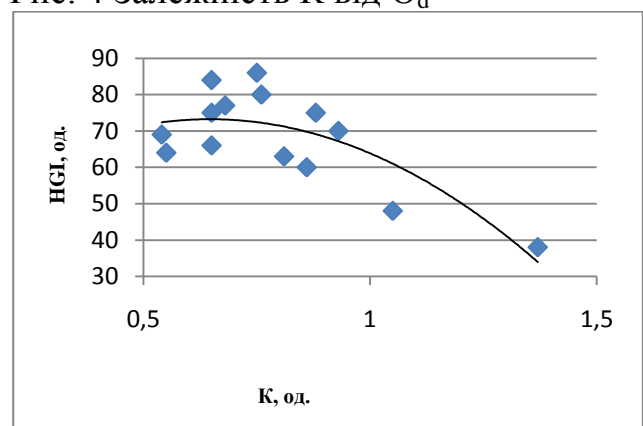


Рис. 6 Залежність HGI від K

В табл. 2 наведені математичні рівняння (1)–(6) і статистична оцінка залежностей показника K від досліджених показників властивостей вугілля.

Математичні рівняння та їх статистична оцінка

№ рівняння	Вид рівняння	Статистична оцінка ¹	
		<i>r</i>	<i>D</i> , %
(1)	$K = -0,5143 R_o + 1,3644$	0,58	33,8
(2)	$K = 0,0141 V^{daf} + 0,399$	0,45	20,4
(3)	$K = -0,0694 C^{daf} + 6,855$	0,61	37,6
(4)	$K = 0,0995 O_d^{daf} + 0,3111$	0,69	47,9
(5)	$K = -74,846 HGI^2 + 97,409 HGI + 41,145$	0,84	71,5
(6)	$HGI = 0,0005K^2 - 0,0751K + 3,4861$	0,78	60,9

Також нами було розраховано зміну витрати електроенергії на дроблення вугілля, яке характеризується різним значенням показника механічної міцності, що визначається методом Протод'яконова.

Графічна та математична залежності, що показують вплив показника механічної міцності *K* на витрати (зниження) електроенергії на подрібнення вугілля наведені на рисунку 7. Коефіцієнт детермінації розробленої залежності складає 99,75 %.

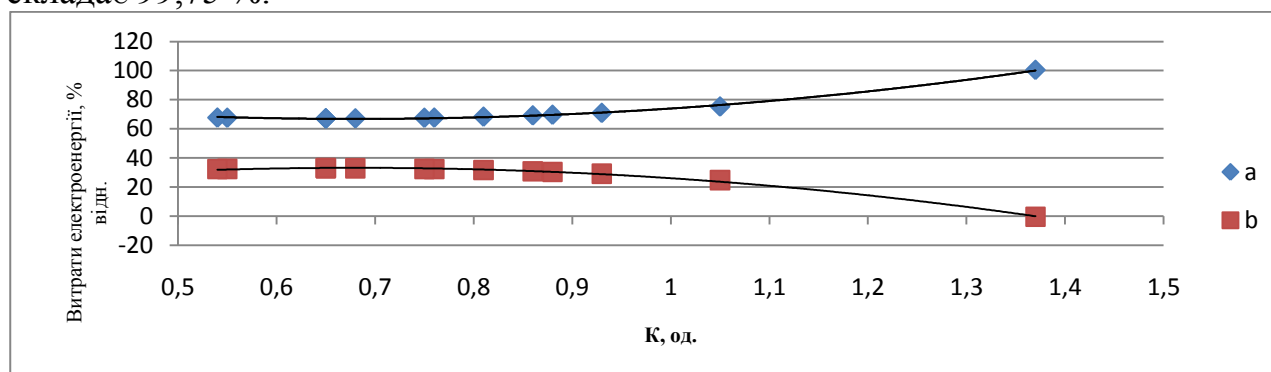


Рис. 7 Графік залежності між витратами електроенергії (а) та зниженням витрат електроенергії (b) на подрібнення вугілля від показника *K*

Наведені графічні та математичні залежності показують, що в залежності від значень показника механічної міцності вугілля (*K*), що визначається методом Протод'яконова, зниження витрат електроенергії на подрібнення вугілля може сягати 30–32 %.

Спираючись на отримані результати метод Протод'яконова можна рекомендувати до використання для оптимізації роботи відділень дроблення вуглепідготовчих цехів, що входять до складу коксохімічних і металургійних підприємств.

Бібліографічний список

- ГОСТ 21153.1-75 «Породы горные. Метод определения коэффициента крепости по Протодьяконову»

¹ *r* – коефіцієнт множинної кореляції; *D* – коефіцієнт детермінації.

2. Miroshnichenko D.V., Desna N.A., Koval V.V., Fatenko S.V. Hardgrove grindability of coal. Part 1. Correlations with composition, structure, and properties // Coke and Chemistry. 2019. Vol. 62 (1). P. 1–4.

3. Orla Williams, Carol Eastwick, Sam Kingman, Donald Giddings, Stephen Lormor, Edward Lester. Investigation into the applicability of Bond Work Index (BWI) and Hardgrove Grindability Index (HGI) tests for several biomasses compared to Colombian La Loma coal // Fuel Volume 158, 15 October 2015, Pages 379-387.

METHOD OF DETERMINING THE PROTOD'YAKONOV STRENGTH COEFFICIENT

Koval V.V., Miroshnichenko D.V.

Determination of the coal-strength coefficient in accordance with State Standard GOST 21153.1-75 is clear and simple. No complex equipment is required, and capital expenditures and energy costs are relatively low. This method satisfactorily reproduces conditions of coal in hammer systems, and the granulometric composition of the ground sample is close to industrial values. The relations of the composition, structure, and properties of coal from Ukraine, Russia, the United States and Kazakhstan with the Protod'yakonov Strength Coefficient are investigated. It is shown that Protod'yakonov Strength Coefficient decreases with increase in the vitrinite reflection coefficient, the carbon content, and the Hardgrove grindability index and also with decrease in the yield of volatiles, the oxygen content and the mean diameter of the col particles. The derived mathematical formulas permit prediction of the Protod'yakonov Strength Coefficient with satisfactory accuracy on the carbon content, the oxygen content, the yield of volatiles, the vitrinite reflection coefficient, the mean particle diameter and the Hardgrove grindability of the coal.

Key words: coal, grinding properties, Protod'yakonov Strength Coefficient, mathematical equations, correlation coefficient.

УДК 577.352.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ ТА РЕЧОВИН, ЯК ГІБРИДНИХ МОДИФІКАТОРІВ ПОЛІМЕРІВ

Лебедев В.В.¹, Мірошніченко Д.В.², Савченко Д.О.³, Білець Д.Ю.⁴, Мисяк В.Р.⁵,
Вінник А.М.⁶, Реука Ю.В.⁷, М'якохліб І.І.⁸

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61000, м. Харків, вул. Кирпичова, 2, Україна

¹ Лебедев Володимир Володимирович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри Технології пластичних мас і біологічно активних полімерів, e-mail: vladimirlebedev1980@ukr.net

² Мірошніченко Денис Вікторович, докт. техн. наук, доц., проф., завідувач кафедри Технології переробки нафти, газу та твердого палива, e-mail: dymir79@gmail.com

³ Савченко Дмитро Олександрович, студент кафедри Технології жирів та продуктів бродіння, e-mail: dmitriy.savchenko2002@gmail.com

⁴ Білець Дар'я Юріївна, канд. техн. наук, доцент кафедри Технології переробки нафти, газу та твердого палива, e-mail: dariabilets@gmail.com

⁵ Мисяк Всеволод Романович, студент кафедри Технології пластичних мас і біологічно активних полімерів, e-mail: vinnik47132512@ukr.net

⁶ Вінник Андрій Михайлович, студент кафедри Технології пластичних мас і біологічно активних полімерів, e-mail: vinnik47132512@ukr.net