

## **ВПЛИВ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВУГІЛЛЯ НА ЙОГО РОЗМОЛОЗДАТНІСТЬ**

**Коваль Валентин Валерійович,**  
аспірант IV курсу, [kovalen79@gmail.com](mailto:kovalen79@gmail.com)  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна

**Богоявленська Олена Володимирівна,**  
кандидат технічних наук, доцент, [evsob@gmail.com](mailto:evsob@gmail.com)  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна

**Мірошніченко Денис Вікторович,**  
доктор технічних наук, професор, [dvmir79@gmail.com](mailto:dvmir79@gmail.com)  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна

Відомо, що підготовка вугілля до спалювання або коксування є важливою ланкою в технологічному ланцюжку підприємства, а спосіб подрібнення вугілля має великий вплив на якість і кількість продукції [1, 2]. Рівень і спосіб подрібнення вугілля, мають величезний вплив на міцність і крупність коксу, продуктивність коксових печей, витрати на підготовку вугілля, умови роботи вуглепідготовчих та коксових цехів. Також на теплоелектростанціях вугілля переважно спалюється в пилоподібному стані. Приготування вугільного пилу складається з декількох стадій, але найбільш складною та енергоємною стадією є розмелювання палива. Для проектування та експлуатації розмольного обладнання необхідно знати характеристики міцності палива, серед яких основною є розмолостатність, що відображає опір палива розмелу в процесі пилоприготування. [3].

У цій роботі досліджено 14 зразків вугілля (Україна, російська федерація, США, Казахстан), що характеризується різним ступенем метаморфізму та петрографічної однорідності. У таблицях 1–3 наведено максимальні, мінімальні та середні показники технологічних властивостей, петрографічних характеристик та елементного складу досліджуваних зразків вугілля.

**Таблиця 1. Технологічні властивості**

Значення	Технічний аналіз, %			Коефіцієнт розмолостатності за Хардгровим, од.	Коефіцієнт міцності за Протод'яконовим, од.
	$A^d$	$S_t^d$	$V^{daf}$	$HGI$	$f$
Максимальне	10.8	1.32	38.6	86	1.37
Мінімальне	7.2	0.27	18.3	38	0.65
Середнє	8.5	0.64	28.2	68.2	0.82

**Таблиця 2. Петрографічні характеристики**

Значення	Петрографічний склад, %					Середній довільний показник відбиття вітриніту, %
	$V_t$	$S_v$	$I$	$L$	$\Sigma FC$	$R_0$
Максимальне	95	2	75	11	76	1.54
Мінімальне	24	0	5	0	9	0.72
Середнє	70.7	0.5	27.7	1.7	28.9	1.10

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. Натомість за методом Хардгрова повітряно-сухий зразок вугілля, підготовлений до випробування із заданим гранулометричним складом, подрібнюють у градуйованому апарату у стандартних умовах.

**Таблиця 3. Елементний аналіз**

Значення	Елементний аналіз, %				
	$C^{daf}$	$H^{daf}$	$N^{daf}$	$S_t^d$	$O_d^{daf}$
Максимальне	90.51	5.84	2.97	1.32	8.55
Мінімальне	83.39	4.52	1.32	0.27	2.62
Середнє	87.18	5.18	1.99	0.65	5.00

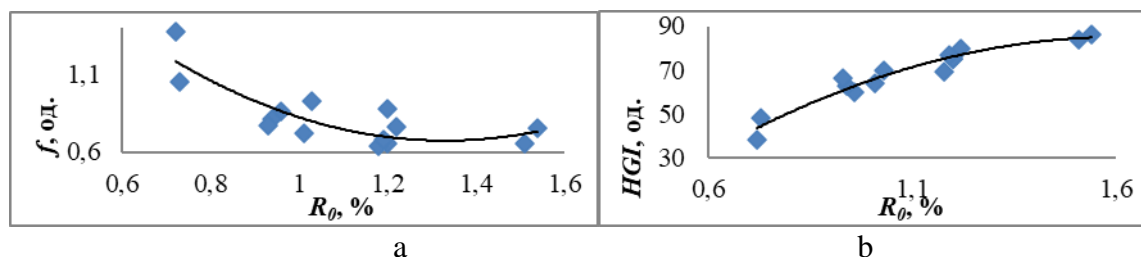
після чого виконують ситовий аналіз отриманого матеріалу.

Для досліджуваних зразків розраховано коефіцієнти парної кореляції між властивостями вугілля та значеннями  $f$  і  $HGI$  (табл. 4).

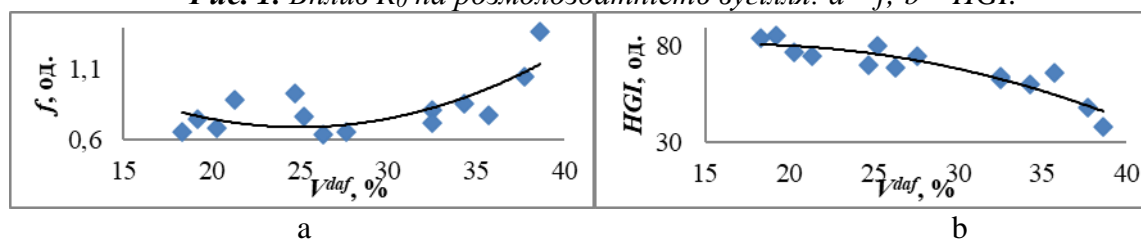
**Таблиця 4. Коефіцієнт парної кореляції  $r^1$**

Значення	$R_0$	$V^{daf}$	$C^{daf}$	$O_d^{daf}$
$ r $	<u>0.693</u>	<u>0.586</u>	<u>0.771</u>	<u>0.798</u>
	0.930	0.896	0.935	0.898

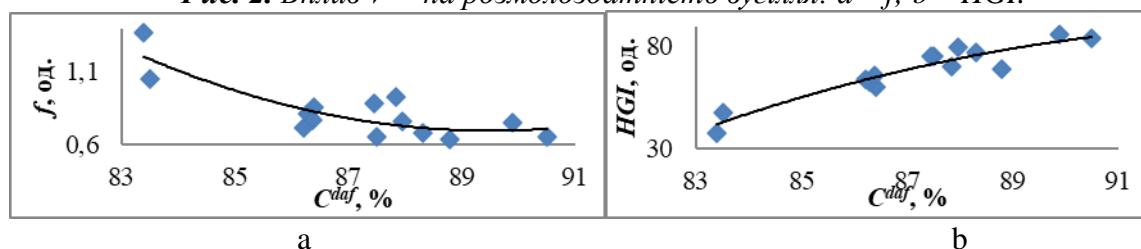
Як видно з таблиці 4 значення коефіцієнтів парної кореляції між показниками  $f$  і  $HGI$ , а також показниками  $R_0$ ,  $V^{daf}$ ,  $C^{daf}$ ,  $O_d^{daf}$ , що характеризують склад і структуру вугілля, перевищують 0,5. На рис. 1-4 зображено графічні залежності показників  $f$  та  $HGI$  від показників якості вугілля  $R_0$ ,  $V^{daf}$ ,  $C^{daf}$ ,  $O_d^{daf}$ . Аналізуючи ці графічні залежності, можна констатувати, що вони задовільно описуються поліномами другого ступеня.



**Рис. 1. Вплив  $R_0$  на розмолодатність вугілля: а –  $f$ ; б –  $HGI$ .**



**Рис. 2. Вплив  $V^{daf}$  на розмолодатність вугілля: а –  $f$ ; б –  $HGI$ .**



**Рис. 3. Вплив  $C^{daf}$  на розмолодатність вугілля: а –  $f$ ; б –  $HGI$ .**

<sup>1</sup> У чисельнику для  $f$ ; у знаменнику - за  $HGI$ .

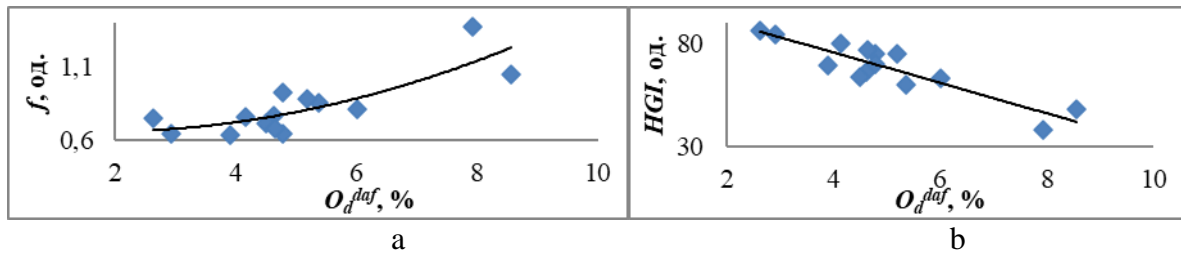


Рис. 4. Вплив  $O_d^{daf}$  на розмолоздатність вугілля: а –  $f$ ; б –  $HGI$ .

На рис. 5 наведено графік залежності коефіцієнту міцності  $f$  від коефіцієнта розмолоздатності  $HGI$ , з аналізу якого можна зробити висновок, що ці два показники взаємопов'язані, а коефіцієнт кореляції становить 0,90.

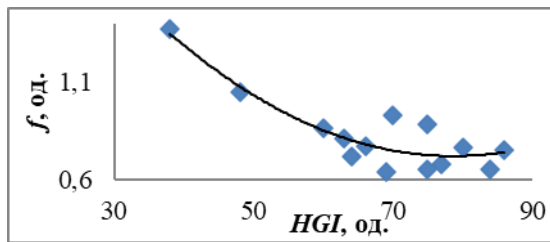


Рис. 5. Вплив  $HGI$  на  $f$

У таблиці 5 наведено математичні рівняння (1)–(8) та статистичну оцінку залежностей досліджуваних показників властивостей вугілля, що дають змогу успішно прогнозувати показники  $f$  та  $HGI$ .

Таблиця 5. Математичні рівняння та їх статистична оцінка

№	Вид рівняння	$R^2$
1	$f = 1.3695 \cdot R_0^2 - 3.6455 \cdot R_0 + 3.0978$	0.711
2	$HGI = -51.754 \cdot R_0^2 + 167.42 \cdot R_0 - 50.297$	0.937
3	$f = 0.0024 \cdot (V^{daf})^2 - 0.1199 \cdot V^{daf} + 2.1846$	0.550
4	$HGI = -0.0738 \cdot (V^{daf})^2 + 2.487 \cdot V^{daf} + 60.081$	0.845
5	$f = 0.0136 \cdot (C^{daf})^2 - 2.4376 \cdot C^{daf} + 109.79$	0.716
6	$HGI = -0.396 \cdot (C^{daf})^2 + 74.843 \cdot C^{daf} - 3445.1$	0.897
7	$f = 0.0119 \cdot (O_d^{daf})^2 - 0.0385 \cdot O_d^{daf} + 0.6895$	0.674
8	$HGI = -0.0141 \cdot (O_d^{daf})^2 - 7.164 \cdot O_d^{daf} + 104.42$	0.807
9	$f = 0.0004 \cdot HGI^2 - 0.0599 \cdot HGI + 3.0722$	0.814

Показано, що вплив показників якості вугілля на коефіцієнт їх міцності за Протод'яконовим ( $f$ ) значно нижчий ( $R^2=0,550-0,716$ ), ніж на коефіцієнт їх розмолоздатності за Хардгровим ( $HGI$ ):  $R^2=0,807-0,937$ . Виходячи з цього, для прогнозування розмолоздатності вугілля краще використовувати метод Хардгрова, а не метод Протод'яконова.

Крім того, у таблиці 5 наведено рівняння (9), що дає можливість передбачити розмолоздатність вугілля за наявності одного значення з двох.

Визначено якісні показники 14 зразків вугілля, що характеризуються різним ступенем метаморфізму, технічного аналізу, петрографічного, пластометричного та елементного складу, а також показниками розмолоздатності.

Розроблено графічно-математичні залежності, що дозволяють прогнозувати розмолоздатність вугілля за методами Протод'яконова ( $f$ ) і Хардгрова ( $HGI$ ) на основі

визначення показників їх якості ( $R_0$ ,  $V^{daf}$ ,  $C^{daf}$ ,  $O^{daf_d}$ ).

Встановлено, що значення показників  $HGI$  та  $f$  обернено пропорційні; розроблено математичну та графічну залежність їх прогнозу на основі значень одного з них.

1. Miroshnichenko, D. (2013). Crushing properties of coal. // *Coke and Chemistry*. – 2013. – Vol. 56. – P. 449-455. <https://doi.org/10.3103/S1068364X13120090>

2. Shmeltser, E., Lyalyuk, V., Sokolova, V., Miroshnichenko, D. Influence of the Crushing of Bituminous Batch on Coke quality. // *Coke and Chemistry*. – 2017. – Vol. 60. – P. 470-475. <https://doi.org/10.3103/S1068364X17120067>

3. 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 . – P. 1–4. <https://doi.org/10.3103/S1068364X19010058>