

Results of laboratory tests of prisms with different by size aggregates are presented in the article. Dependences of bending strength and moment of crack appearance in the fibrous concrete specimens on type of aggregate are defined. Diagrams of "load – bending" of considered variants are plotted. An analysis of the results of laboratory studies is fulfilled. The influence of silica microparticles

as a mineral additive on the strength properties of fiber-reinforced concrete specimens is shown.

Keywords: *fibrous concrete, aggregate, silica microparticle, bending strength, crack*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.М. Ша-шенком. Дата надходження рукопису 17.09.10

УДК 622.7

**М.О. Перов,
М.М. Макортецький,
В.М. Макаров**

Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ, Україна, e-mail: info@ienergi.kiev.ua

ПРО ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕКОНОМІЧНУ ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗБАГАЧЕННЯ ВУГІЛЛЯ

**М.О. Perov,
М.М. Makortetskyi,
V.M. Makarov**

Institute of General Energetics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: info@ienergi.kiev.ua

ABOUT EFFICIENCY AND FINANSIAL REASONABILITY OF COAL CLEANING

Визначено критерій економічної доцільності збагачення енергетичного вугілля різних марок із врахуванням впливу цінових факторів на транспортування, збагачення та впливу коригуючих цінових факторів за зольністю. Проведено розрахунки кількісно-якісних показників вугільної продукції для потреб енергетики (пиловидного спалювання) з урахуванням обмежень щодо його використання.

Ключові слова: *вугілля, збагачення, переробка, концентрат, відсів, зольність*

Постачання високозольного вугілля на ТЕС призводить не тільки до зростання витрат на перевезення баластної породи, але й падіння ефективності експлуатації котлів, збільшення зольних виносів при горінні, підвищення витрат паливних добавок. Сумарний збиток оцінюється в 500 млн грн щорічно [1] (у цінах 1999 р.). Тільки перевезення породи на ТЕС призводить до збитків до 2,5 грн на 1 т. спалюваного вугілля. Для прикладу, станом на 2003 рік понад 23 млн т. кам'яного вугілля (31,9% видобутку) відвантажувалося споживачам без збагачення, що призвело до втрат 2–3 грн на 1 т. товарної продукції. Це переважно вугілля марок Д, ДГ та Г енергетичного призначення. Зниження зольності вугілля лише на 1% при середній довжині маршрутів 50 км забезпечує економію до 40 млн т./км залізничних перевезень на рік [2]. Тому однією з нагальних проблем вугільної галузі є підвищення якості продукції та відповідне зростання її реалізаційної вартості.

Під ефективністю вугільного виробництва слід розуміти співставлення величини матеріальних, виробничих та фінансових витрат з вартістю загальних обсягів виробленої продукції відповідної якості. Оскільки ефективність використання вугілля в економіці, у значній мірі, залежить від його якісних показників, оптові ціни повинні визначатися таким чином, щоб вугільні підприємства були зацікавлені у виробництві високоякісної продукції.

Призначення та економічність використання вугілля визначається 19 показниками [3]. Проте, основ-

ними показниками (обмежуючими факторами), які беруться до уваги при розрахунку ціни на вугільну продукцію, є: зольність, вміст вологи, вміст сірки, нижча теплота згорання. Усі інші показники виступають в якості допоміжних характеристик палива.

Існуюче середнє значення зольності затверджується Мінвуглепромом України на поточний рік і приймається в якості середньої розрахункової норми при визначенні оптової ціни на вугільну продукцію, яка, у свою чергу, суттєво впливає на обсяг його реалізації та, відповідно, на прибуток підприємства – виробника продукції.

Для стимулювання підвищення якості товарної вугільної продукції, за існуючим преїскурантом визначення оптових цін [4], передбачена система надбавок та знижок. Надбавки до оптової ціни визначаються загальнодержавною економією, що отримується в результаті підвищення якості вугілля, а знижки з оптової ціни зумовлюються додатковими витратами, які несе державна економіка внаслідок погіршення якості вугілля.

Для всіх сортів і марок вугілля застосовується диференційована система знижок та надбавок по золі. Наприклад, для збагаченого вугілля марки А базовий показник зольності становить 19,8%. При цьому, у діапазоні від 19,8 до 22% передбачена знижка 2,5% за кожен відсоток відхилення фактичної зольності від базової. У діапазоні від 22 до 25% – знижка 3,5%. З фактичною зольністю, вищою ніж 25% – знижка 7%. Надбавка у 2,5% передбачена за вугільну продукцію з показниками зольності від 19,8 до 16%.

Мета роботи – визначення критерію економічної доцільності збагачення енергетичного вугілля з ура-

хуванням цінових факторів на транспортування, збагачення та коригування ціни за зольністю.

Таблиця 1

Економічна доцільність збагачення вугілля за марками

Шахта	Марка вугілля	Вихід концентрату, %	Зольність рядового вугілля, %	Вартість реалізації рядового вугілля та витрат на його транспортування, грн. (за рік)	Зольність концентрату, %	Вартість реалізації концентрату, витрат на його отримання на ЗФі транспортування, грн. (за рік)	Різниця між вартістю реалізації концентрату рядового вугілля		
							грн	грн/т	
ш. Прогрес	А	79,68	27,90	40 487,85	17,00	79 835,58	39348	112	
ш. Комсомольська		73,95	30,40	7 364,12	17,80	26396,88	19033	146	
ш. ім. Космонавтів		73,80	32,90	-2 268,31	19,70	196371,68	198640	192	
ш. Вінницька		64,12	33,40	-182,35	22,60	1801,23	1984	151	
ш. Постніківська		73,79	34,20	-1 820,28	22,10	9440,34	11261	202	
ш. ім. 1 Травня		50,00	41,30	-6 214,26	21,40	3332,16	9546	306	
ш. Центроспілка		37,41	42,30	-113 850,43	20,00	37179,87	151030	295	
ш. Ольховатська		54,52	42,50	-9 797,28	20,40	5395,81	15193	353	
ш/у Волинське		49,93	42,60	-30 958,17	17,00	16846,09	47804	355	
ш. ім. Л.І. Лутугіна		44,23	43,80	-17 659,30	17,00	7225,24	24885	363	
ш. Фашевська		46,89	45,50	-33 011,05	19,30	11704,35	44715	403	
ш. ім. Я.М. Свердлов		38,01	47,30	-197 807,25	17,70	47681,16	245488	422	
ш. ім. К.І. Кисільова		26,87	53,40	-17 433,41	17,70	1604,30	19038	527	
ш. Гірська	Г	86,29	30,10	13 739,70	23,90	255,58	-13484	-136	
ш. Карбоніт		83,88	32,40	5 666,19	23,70	257,97	-5408	-81	
ш. ім. С.М. Кірова		66,67	34,10	187,76	23,20	267,33	80	19	
ш. Голубівська		77,78	36,70	-43,92	22,40	270,69	315	117	
ш. Слов'янськ		62,50	37,50	-168,12	23,60	265,23	433	90	
ш. ім. Д.Ф. Мельнико		64,83	38,30	-1 559,77	23,60	264,53	1824	63	
ш. Степова		63,54	38,30	-5 222,52	30,00	199,59	5422	56	
ш. № 1/3 Новгородівс		69,67	41,30	-89 017,21	23,10	267,26	89284	125	
ш. Золоте		60,33	41,80	-7 363,61	22,90	271,74	7635	141	
ш. Лутугінська		56,83	44,60	-29 220,40	23,80	265,25	29486	203	
ш. Бендюзька		40,64	45,40	-26 940,24	28,00	253,36	27194	222	
ш. Росія		60,13	45,60	-207 872,28	22,10	278,50	208151	225	
ш. Межирічанська		44,77	45,90	-98 300,52	27,40	266,19	98567	233	
ш. Великоостівська	40,43	49,00	-53 657,67	27,90	255,77	53913	306		
ш. Червоноградська	63,07	50,40	-110 136,04	28,10	244,28	110380	338		
ш. ім. Артема	П	33,33	26,80	45,07	18,40	294,08	249	830	
ш. Вергелівська		79,67	29,30	14 775,89	19,90	267,61	-14508	-90	
ш. Жданівська		85,93	29,40	7 676,36	24,40	258,53	-7418	-86	
ш. Єнакіївська		114,29	30,20	197,40	18,70	267,28	70	25	
ш. Тернопільська		84,33	30,90	65,54	21,90	249,46	184	152	
ш. Житомирська		84,33	30,90	659,19	21,90	249,46	-410	-34	
ш. Никанор-Нова		76,91	31,10	4 257,85	22,30	248,34	-4010	-47	
ш. Полтавська		69,31	33,70	-656,30	20,10	269,04	925	16	
ш. Вуглегірська		63,08	36,60	-3 406,02	20,00	271,75	3678	86	
ш. Зуєвська		53,23	38,90	-827,79	23,20	247,91	1076	174	
ш. Іловайська		65,09	41,90	-28 908,06	21,10	261,93	29170	206	
ш. Холодна Балка		52,00	46,10	-153 505,63	17,80	293,50	153799	303	
ш. Моспінська		49,62	49,10	-14 796,39	22,10	258,20	15055	379	
ш. ім. 60-р. Рад. Укр.	46,35	50,70	-7 876,32	23,20	249,97	8126	423		
ш. Тошківська	ДГ	78,33	32,80	451,14	27,30	258,47	-193	-32	
ш. Новодружеська		57,97	34,80	195,20	24,30	260,72	66	9	
ш. ім. Героїв Космос		66,94	40,20	-85 270,61	19,90	294,88	85565	99	
ш. Павлоградська		58,28	40,30	-101 047,47	19,60	299,99	101347	101	
ш. Україна		63,86	41,80	-45 105,52	21,70	280,73	45386	137	
ш. Самарська		50,06	42,20	-68 059,46	20,40	295,76	68355	146	
ш. Дніпровська		56,64	42,30	-115 160,58	24,00	263,63	115424	148	
ш. Благодатна		53,14	43,40	-82 771,61	20,10	297,34	83069	174	
ш. ім. XIX з'їзду КПР		59,23	44,10	-27 045,79	23,20	269,56	27315	192	
ш/у Луганське		44,36	51,50	-457 825,83	20,50	296,63	458122	364	
ш. Курахівська		44,60	54,20	-128 077,33	26,20	261,55	128339	428	
ш. Трудівська		Д	5,42	34,40	26 625,16	24,30	276,49	-26349	-37
ш. Матроська			48,57	42,10	-500,13	22,70	276,94	777	222
ш. ім. Г.Г. Капустіна	37,93		43,80	-530,00	23,30	275,11	805	278	
ш. Привольнянська	50,47		46,90	-27 333,69	24,30	262,97	27597	258	
ш. ім. Д.С. Коротчен	25,82		47,10	-4 734,64	25,00	264,50	4999	275	

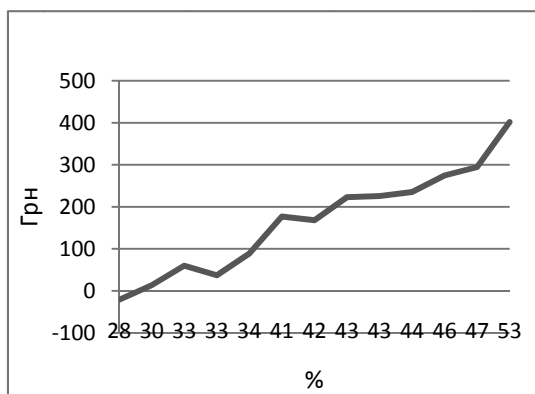
Для вирішення поставленої задачі проведено аналіз впливу наведеної системи знижок і надбавок на фінансові результати вугільних підприємств. У табл. 1 наведено розрахунки витрат по рядовому вугіллю та концентрату за марочною приналежністю. При цьому визначалась різниця між приведеною вартістю збагаченого вугілля (із врахуванням витрат на

транспортування і збагачення, фактичного виходу концентрату, діючої системи знижок) та рядового вугілля (із врахуванням витрат на транспортування і системи знижок). За базову прийнята ціна концентрату проектної якості – 335 грн/т. (у цінах 2007 р.).

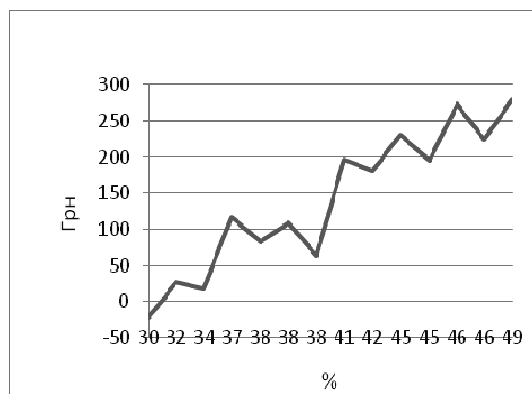
Проведені розрахунки свідчать, що вищевказана різниця набуває від'ємних значень при зольності ря-

дового (не збагаченого) вугілля, у залежності від марочної приналежності, у діапазоні 28–34% (рис. 1). Визначений діапазон зольності є межею, що визначає

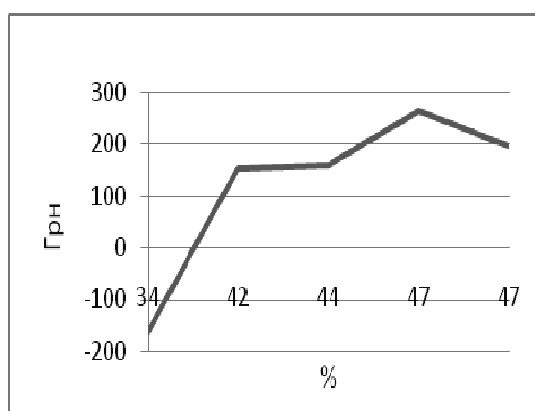
доцільність використання вугілля в рядовому вигляді, або його переробку (в якості вихідного) на збагачувальних фабриках.



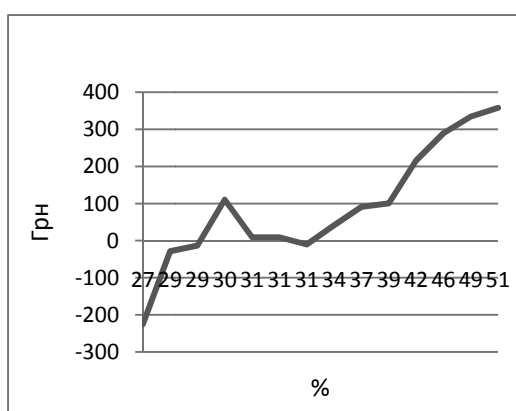
а) вугілля марки А



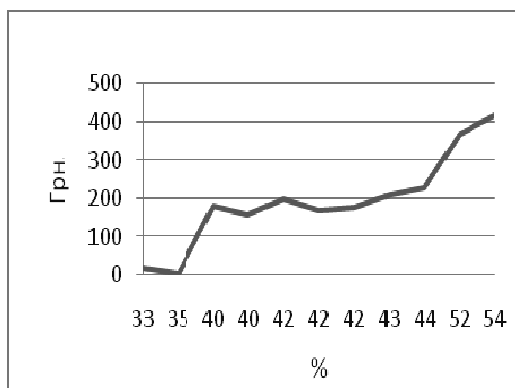
б) вугілля марки Г



в) вугілля марки П



г) вугілля марки ДГ



д) вугілля марки Д

Рис. 1. Залежність приведеної різниці вартості вугілля від зольності рядового вугілля за марками

Одним із кроків вирішення проблеми енергозабезпечення є підвищення якості вугільної продукції, яка постачається для спалювання на ТЕС та передбачає підвищення ефективності використання вуглезбагачення. З метою оцінки якості вугільної продукції для пилويدного спалювання на теплових електростанціях авторами було проведено розрахунки нижчої теплоти згорання вугільної продукції з урахуванням існуючих обмежень до категорій якості.

Для пилويدного спалювання на крупних ТЕС використовують, здебільшого, вугілля марок Д, ДГ,

Г, П та А, вугілля інших марок використовують у малопотужних котлах тільки в окремих випадках.

Затвердженим нормативним документом [5], який діє в Україні з 2002 року, передбачено постачання сортового і рядового вугілля двох груп якості. До першої групи (1 категорія) належить вугільна продукція, якість якої обумовлює стабільні умови пилويدного спалювання без додавання мазуту і газу. До другої групи (2–4 категорії) належить вугілля, промпродукт та шлам усіх марок, спалювання якого потребує додаткового додавання газу (або мазуту).

У табл. 2 наведено загальні результати виконаних авторами досліджень нижчої теплоти згорання пиловив-

дного палива, у табл. 3 – обсяги видобутого та товарного вугілля за марочним складом для потреб енергетики.

Таблиця 2

Показники нижчої теплоти згорання вугілля для потреб енергетики

Параметри	Марка вугілля					
	Д	ДГ	Г	Ж	П	А
Видобуте вугілля						
Нижча теплота згорання на робочий стан палива, Q _{ig} , МДж/кг	17,4	12,9-18,6 15,8	13,4-22,7 17,7	15,6-24,5 17,8	15,6-25,2 21,7	14,1-23,3 20,0
Кількість шахт	1	19	18	9	22	36
У тому числі:						
I категорії			4	1	9	6
II категорії		7	6	4	3	12
III категорії	1	3	2	1	6	9
IV категорії		9	5	3		5
Рядове вугілля						
Нижча теплота згорання на робочий стан палива, Q _{ig} , МДж/кг	18,3	14,9-20,2 18,1	16,2-22,7 20,3	20,8-24,5 23,1	15,1-26,4 22,9	12,2-24,8 20,5
Кількість шахт	1	18	18	7	21	26
У тому числі:						
I категорії		1	6	7	14	13
II категорії	1	11	8		2	7
III категорії		3	1		2	2
IV категорії		3	1		1	3
Концентрат						
Нижча теплота згорання на робочий стан палива, Q _{ig} , МДж/кг	20,1	20,6-24,6 21,9	21,3-25,6 23,1	22,1-23,0 22,7	23,4-28,7 24,7	24,1-27,9 26,0
Кількість шахт які надали вугілля на переробку	1	14	17	8	16	32
У тому числі:						
I категорії	1	14	17	8	16	32
Промпродукт						
Нижча теплота згорання на робочий стан палива, Q _{ig} , МДж/кг			18,2-18,9 18,6			
Кількість шахт			2			
У тому числі:						
III категорії			2			
Шлам						
Нижча теплота згорання на робочий стан палива, Q _{ig} , МДж/кг		15,4				17,9-19,5 18,6
Кількість шахт		1	2			14
У тому числі:						
IV категорії		1				14
Відсів						
Нижча теплота згорання на робочий стан палива, Q _{ig} , МДж/кг	19,1	21,0-21,2 21,1				19,8-26,3 23,0
Кількість шахт	1	2				21
У тому числі:						
I категорії		2				11
II категорії						7
III категорії	1					2

Кам'яне вугілля та антрацит відправляють на переробку збагачувальними фабриками відповідно 66,3% та 33,7% шахт. Обсяг випуску збагачувальними фабриками кам'яновугільного концентрату першої категорії становить 5813,4 тис. т. (частка в загальному обсязі випуску кам'яновугільного концентрату досягає рівня 85,45%). Як бачимо, решта отриманої продукції (14,55% кам'яновугільного концентрату) належить до другої категорії якості і потребує доведення якісних характеристик до рівня першої категорії. Весь обсяг отриманого фабриками антрацитом-

вого концентрату цілком задовольняє вимогам [5] першої категорії якості вугілля.

Збагачувальні фабрики отримують на переробку товарний промпродукт третьої категорії якості та енергетичний шлам з вугілля, відповідно, від 2% та 16,3% вугільних підприємств. Нижча теплота згорання отриманого збагачувальними фабриками шламу (з вугілля марки ДГ та антрациту), згідно з класифікацією [5], відповідає вимогам четвертої категорії якості. Проте слід зауважити, що значення енергетичних показників антрацитомового шламу задовольняють вимогам третьої категорії якості.

Обсяги видобутку та випуск товарної вугільної продукції для потреб енергетики (за даними 2002 р.)

Параметри	Марка вугілля					
	Д	ДГ	Г	Ж	П	А
Видобуте вугілля						
Загальний обсяг, тис. т.	698	8124	4856	2346	3803	16130
У тому числі: шахтами						
I категорії				178,4	2409,4	739,6
II категорії		638,8	649,1	1063,1	530,3	10781,1
III категорія	698	1846,9	1573,9	119,9	771,8	3611,2
IV категорії		5637,8	2347,7	985,4	91,4	998,1
Рядове вугілля						
Загальний обсяг, тис. т.		1912,8	1375,2	463,5	2564,3	1056,5
У тому числі: шахтами						
I категорії		178,3	514,5	463,5	2313,8	656,2
II категорії		688,1	808,0		167,5	131,2
III категорія		983,8	46,2		4,7	27,3
IV категорії		62,6	6,5		78,3	241,8
Концентрат						
Загальний обсяг, тис. т.	38,3	3094,0	2093,4	827,4	750,2	8037,9
У тому числі: шахтами						
I категорії		2213,6	2022,2	827,4	750,2	8037,9
II категорії	38,3	880,4	71,2			
Промпродукт						
Загальний обсяг, тис. т.			18,1			
У тому числі: шахтами						
III категорії			18,1			
Шлам						
Загальний обсяг, тис. т.		1,3				173,0
У тому числі: шахтами						
III категорії						173,0
IV категорії		1,3				
Відсів						
Загальний обсяг, тис. т.	580,2	241,5				2407
У тому числі:						
I категорії		241,5				2045,1
II категорії	580,2					133,0
III категорії						228,9

Вихід товарного продукту та його зольність (і як похідна – теплота згорання) залежать від глибини збагачення вугілля [6]. Від вибору оптимальної схеми збагачення залежить і величина капітальних та експлуатаційних витрат (внутрішні обмеження). Наприклад, експлуатаційні витрати при застосуванні технологічних схем збагачення до 0 мм та до 3 мм можуть відрізнятись у 2 і більше рази. Як видно з табл. 2, можна використати відсів як самостійний вид палива або в якості домішки до концентрату з метою доведення до мінімально допустимих границь за марками вугілля. В іншому випадку якість товарного продукту визначається як середньодинамічна величина, залежно від зольності та виходу концентрату і відсіву.

Висновки. Встановлено, що критерій економічної доцільності переробки рядового вугілля на збагачувальних фабриках, у залежності від марочної приналежності, міститься в діапазоні зольності 28–34%.

Видобуте енергетичне вугілля марок Ж, П, А частково відноситься до першої категорії якості, згідно з ДСТУ 4083-2002. Вугілля марки Д, ДГ та Г можна ефективно використовувати тільки з додаванням газу (або мазуту). Для переведення їх у першу категорію якості необхідно застосовувати механічні методи збагачення.

Переробка видобутого вугілля на шахтному сортувальному обладнанні хоча і підвищує енергетичну цінність рядового вугілля, проте потребує вдоскона-

лення. Мінімальна величина приросту середнього значення кількості тепла в рядовому вугіллі, відносно видобутого, спостерігається для марки А і складає 2,5%, максимальна для марки Ж – 29,7%. Аналогічні показники підвищення калорійності вугільного концентрату, відносно видобутого вугілля, складають: 13,8% для марки П та 38,5% для марки ДГ.

Найбільш придатним є застосування технології збагачення вугілля до глибини 3–6 мм і наступним усередненням з відсівом класу до нуля.

Список літератури / References

1. Федоров В.И. Состояние и проблемы развития углеобогащения Украины. / В.И. Федоров, И.П. Курченко, А.А. Золотко // Уголь Украины. – 1999. – №8. – С. 13–17.
Fedorov V.I. Modern state and problems of development of coal cleaning in Ukraine. / V.I. Fedorov, I.P. Kurchenko, A.A. Zolotko // Ugol Ukrainy. – 1999. – No.8. – P. 13–17.
2. Курченко И.П. Резервы увеличения ресурсов и улучшения качества угля средствами обогащения. / И.П. Курченко, А.А. Золотко // Уголь Украины. – 2003. – №8. – С. 45–49.
Kurchenko I.P. Reserves of increase of resources and improvement of quality of coal by coal cleaning means. / I.P. Kurchenko, A.A. Zolotko // Ugol Ukrainy. – 2003. – No.8. – P. 45–49.

3. Благов И.С. Экономическая эффективность повышения качества углей. / И.С. Благов, В.К. Турченко // – М.: Недра, 1978. – 160 с.

Blagov I.S. Economic efficiency of improvement of quality of coals. / I.S. Blagov, V.K. Turchenko // M.: Nedra, 1978. – 160 p.

4. Наказ №158 від 29.04.96. „Про затвердження Оптових цін на вугілля, продукти збагачення та брикети“ (Реєстр. №239/1264 від 24.05.1996). – К.: Мінвуглепром України, 1996. – 3 с.

The order No 158 from 29.04.96. “About the approval of wholesale prices for coal, preparation output and briquettes” (Reestr. No 239/1264 from 24.05.1996). – K.: Minvugleprom Ukrainy, 1996. – 3 p.

5. Вугілля кам'яне та антрацит для пилويدного спалювання на теплових електростанціях. Технічні умови: ДСТУ 4083-2002. – [Чинний від 2002-09-01]. – К.: Держстандарт України, 2002. – 10 с.

Black coal and anthracite for powdered fuel burning at thermal power plants. Specifications: DSTU 4083-2002. – [valid since 2002-09-01]. – K.: State Standard of Ukraine, 2002. – 10 p.

6. Благов И.С. Справочник по обогащению углей. / И.С. Благов, А.М. Коткин, Л.С. Зарубин // – М.: Недра, 1984. – 614 с.

Blagov I.S. Reference book on coal cleaning. / I.S. Blagov, A.M. Kotkin, L.S. Zarubin// – M.: Nedra, 1984. – 614 p.

Определен критерий экономической целесообразности обогащения энергетических углей разных марок с учетом влияния ценовых факторов на транспортировку, обогащение и влияния корректирующих ценовых факторов по зольности. Проведены расчеты количественно-качественных показателей угольной продукции для потребностей энергетики (пылевидного сжигания) с учетом ограничений его использования.

Ключевые слова: уголь, обогащение, переработка, концентрат, отсев, зольность

It is determined the criterion of economic efficiency of different marks of power coal cleaning taking into account price restrictions on transportation and coal cleaning, correcting price factor depending on ash content. Quantitative and qualitative indicators of coal production for needs of power plants in view of restrictions on powdered fuel burning are worked out.

Keywords: coal, preparation, reprocessing, concentrate, ridding, ash content

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.П. Франчуком. Дата надходження рукопису 14.05.11

УДК 622.235.575.2

А.А. Вовк, д-р техн. наук, проф.,

О.А. Вовк, канд. техн. наук, доц.,

А.А. Бузыла, В.В. Вапничная, канд. техн. наук

Национальный технический университет Украины „КПИ“, г. Киев, Украина, e-mail: buzik@meta.ua

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКОГО ОЧАГА ПРИ ВЗРЫВАХ И ГОРНЫХ УДАРАХ

A.A. Vovk, Dr. Sci. (Tech.), Professor,

O.A. Vovk, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,

A.A. Buzyla, V.V. Vapnichnaya, Cand. Sci. (Tech.)

National Technical University of Ukraine „KPI“, Kyiv, Ukraine, e-mail: buzik@meta.ua

DETERMINATION OF PARAMETERS OF SEISMIC CENTRE OF EXPLOSIONS AND ROCK BURSTS

Рассмотрены методики определения размеров зоны необратимых деформаций (полости, зоны дробления и зоны радиальных трещин) при взрывах зарядов взрывчатых веществ и методики определения радиуса излучателя при горном ударе. Размеры этих зон являются одними из наиболее важных исходных параметров при исследовании сейсмических волн любого происхождения. Приведены расчетные данные и сравнительная характеристика рассмотренных методик.

Ключевые слова: зона необратимых деформаций, упругая зона, радиус излучателя, очаг взрыва, полость, горный удар

Сейсмическим очагом (сейсмоизлучателем) в литературе называют объем породы, в котором произошли необратимые деформации (дробление, трещины) и на границах которого напряжения и деформации характеризуются упругими показателями. Размеры сейсмического очага зависят только от свойств пород и массы заряда, хотя В.Н. Мосинец,

В.Ф. Богацкий считают, что его собственные колебания пропорциональны длине поперечной волны.

В настоящее время в основном используется эмпирический подход к определению указанного параметра в виде простой функции $r_u = f(Q^{1/3})$ с коэффициентом пропорциональности, представляющим собой линейный коэффициент сейсмического очага, зависящий от упругих свойств породы

$$r_u = K_0 \sqrt[3]{Q_{es}}$$