

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗШИРЕННЯ ПАЛИВНОЇ БАЗИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА В ЕНЕРГЕТИЧНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ

Проведено аналіз та прогнозування перспектив використання водовугільного палива у секторі енергетики України. Існуючі принципи використання водовугільного палива доводять його екологічну прийнятність та економічну конкурентоздатність порівняно з традиційними способами спалювання на ТЕС та у побутовому секторі України.

Ключові слова: паливо водовугільне, екологічна прийнятність, вугілля енергетичне, котельно-пічне паливо.

Існуюча ситуація, що створилася в енергетичному секторі України, сприяє застосуванню більш дешевих видів палива, отриманих з відходів технологічних процесів вуглезбагачувальних фабрик, шахт та об'єктів відкритого видобутку бурого вугілля, зокрема водовугільного палива (ВВП). Тільки теплове господарство Міненерговугілля споживає майже 90 % якісного збагаченого вугілля, вартість якого і надалі зростатиме [1]. Крім того, скорочення витрат газу в паливному балансі електростанцій визнано пріоритетним завданням розвитку економіки на ближню та середню перспективу.

Питаннями розробки, приготування і впровадження ВВП в Україні активно займаються останніми роками в ІГТМ НАН України, ДВАТ НІПКІ «Вуглемеханізація» [2], АТЗТ НВО «Хаймек». Серед країн зарубіжжя дані технології поширені в Китаї, Японії, Росії та ін.

Проекти з відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії, що розроблюються в Україні, мають довгостроковий характер. У той же час саме вугілля як паливо зорієнтовано на найближчу перспективу. Екологічні обмеження потребують розробки і втілення енергоощадних і чистих енергетичних вугільних технологій. Принципово важливим є перехід від прямого спалювання вугілля в котлах до спалювання ВВП, виготовленого із суміші вугілля різних марок або відходів збагачувальних фабрик. Водовугільне паливо є дисперсною сумішшю, яка складається з тонкозмеленого вугілля, води і реагентів-пластифікаторів. Склад ВВП і його температурні характеристики наведені в табл. 1 [1].

© М.О. ПЕРОВ, В.М. МАКАРОВ, І.Ю. НОВИЦЬКИЙ,
О.П. ЖУКОВ, 2012

Таблиця 1 – Склад ВВП і його температурні показники

Компоненти	Склад палива і температура
Вугілля	59-69 %
Вода	29-39 %
Реагент-пластифікатор	1 %
Температура займання	450°-650°
Температура горіння	950°-1050°

Водовугільне паливо, виготовлене з різних марок вугілля, має різні характеристики показників якості: теплота згоряння, вологість, зольність, вміст сірки, температура плавлення золи, вихід летких речовин тощо. Типові властивості ВВП, що отримані з кам'яного і бурого вугілля, за результатами експериментів, проведених ФДУП «Гідротрубопровід» в Кузбасі, наведено в табл. 2.

Серед нових вугільних технологій значний інтерес становить технологія ВВП, яка виникла в поєднанні з інтенсивним розвитком в 50–60-х роках минулого сторіччя гідротранспорту вугілля. Необхідність спалювання заводненого вугільного дріб'язку привели до розробки водовугільних суспензій (ВВС) та використанню їх як нового виду палива (ВВП) [3]. Сумарне виробництво висококонцентрованого водовугільного палива в різних державах за період 1983 – 1995 рр. наведено в табл. 3.

Окрім прямого зниження паливних витрат при заміщенні мазуту і газу, ВВП має експлуатаційні переваги, які відбиваються на собівартості електроенергії.

Таблиця 2 – Властивості ВВП з різних марок кам'яного та бурого вугілля

Марка вугілля	Вихідні параметри вугілля			Водовугільне паливо		
	$W^r, \%$	$A^d, \%$	$Q_i^r, \text{МДж/кг}$	$W^r, \%$	$A^d, \%$	$Q_i, \text{МДж/кг}$
Д	11	12	24,0	35	12	16,9
Г	8	16	25,3	33	16	17,8
ПС	6	15	27,4	30	15	19,8
П	7	20	25,1	30	20	18,3
А	10	13	26,0	35	13	18,1
Б1	25	18	16,9	48	19	11
Б2	33	7	16	50	7	11,3
Б3	53	17	8,6	60	17	6,9

Таблиця 3 – Виробництво висококонцентрованого водовугільного палива в різних державах за період 1983–1995 рр.

Держава	Виробництво ВВП, тис. т
Канада	50
Китай	1580
Італія	200
Японія	1600
Корея	100
Росія	400
Швеція	300
США	70

При розрахунках енергетичного балансу використання ВВП на енергетичних установках слід враховувати внесок усіх компонентів у приготування і спалювання вугілля. Порівняння деяких параметрів приготування і спалювання вугілля у вигляді пиловугільної суміші і ВВП наведено в табл. 4, а обсяги викидів від спалювання ВВП порівняно з іншими органічними видами палив на 1 м³ загальних газоподібних викидів наведено в табл. 5.

В останніх двох рядках табл. 5 наведено приблизні оцінки відносних (до вугілля) значень сплати за викиди, обчислені за цінами одиниці маси речовини, та рівня шкідливості викидів, обчисленого за зворотними значеннями середньодобових ГДК речовин, взятих до розгляду.

На сьогодні виділяють такі основні способи спалювання водовугільного палива:

– факельне спалювання з подачею ВВП через

пальники (комбіновані, форкамерні та ін.);
 – спалювання з повною або частковою газифікацією ВВП;
 – повне або часткове спалювання в киплячому шарі;
 – комбіноване спалювання з іншими видами палива (газом, мазутом, вугіллям).

На початку використання ВВП виникла проблема створення пальників, які б були стійкими до абразивного зношування частинками вугілля. На сьогодні тривалість роботи прямооточних пальників перевищує 2000 годин. До переваг факельного спалювання відносять простоту схемного забезпечення при застосуванні на котлах широкого діапазону потужності. Для збереження експлуатаційних характеристик котлів при використанні факельного спалювання, фізичні параметри ВВП повинні максимально відповідати проектним значенням. Даний спосіб застосовувався на ТЕЦ-5 м. Новосибірська, а також з успіхом застосовується на об'єктах енергетичного комплексу Китаю.

Актуальність ВВП для газових турбін та дизельних двигунів визначається тим, що ці типи двигунів становлять інтерес для транспорту. Проте для потреб ДВС потрібне високодемінералізоване паливо із зольністю до 1 %. Попередню газифікацію вугілля, горючих сланців, торфу і інших органічних відходів для наступного використання горючого газу в агрегатах парогазотурбінного циклу – на ТЕС, в турбінах та ДВС, вважають найбільш прогресивною в енергетиці. Очищення генераторного газу від оксидів сірки і азоту значно дешевше очистки продуктів згоряння, оскільки маса

Таблиця 4 – Параметри приготування і спалювання вугілля у вигляді пиловугільної суміші і ВВП

Параметр	Пиловугільне спалювання	Водовугільне паливо (ВВП)
Витрати на розмелювання	Необхідна фракція вугілля для камерного спалювання (до 90 мкм)	Звичайна фракція для ВВП (до 250 мкм)
Витрати на сушіння вугілля	Розмелювання до необхідної фракції здійснюється тільки для сухої суміші. Відповідно, необхідні енергетичні витрати на випаровування до 7-17 % внутрішньої вологи вугілля	Витрати на сушіння відсутні
Витрати на заходи з вибухонебезпеки	Необхідність підтримки заданої температури вугільного пилу для запобігання вибуху	Витрати відсутні
Ефективність спалювання	Звичайна ефективність спалювання вугілля 92-98 %	Ефективність спалювання вугілля в ВВП – 95-99 %
Витрати на випаровування вологи при горінні	Враховуючи, що вугілля висушено попередньо, витрати відсутні	Близько 1 % теплотворної здатності вугілля на кожні 10 % вологи ВВП. Загальні витрати становлять не менше 4 %.
ККД котлів	Аналогічні	Аналогічні
Екологічні штрафи	–	Більш низька температура спалювання ВВП призводить до зменшення викидів NO _x приблизно на 70 %, що суттєво скорочує екологічні штрафи на підприємстві
Утилізація золи	Звичайно зола видаляється системами гідрошлаковидалення, що утруднює подальшу переробку золи	Зола від спалювання ВВП здебільшого є золою-уносом, що уловлюється в циклонних зололовлювачах або електрофільтрах. Наявні дані аналізів спалювання ВВП доводять її придатність для використання на цементних заводах, в тому числі для виготовлення шлакопортландцементів.
Витрати на усунення наслідків шлакування котлів	–	У зв'язку з більш низькою температурою горіння ВВП шлакування стінок котла не відбувається

Таблиця 5 – Викиди шкідливих речовин від спалювання, мг/м³ [4]

Викиди	Вугілля	Мазут	Газ	ВВП
Зола	до 300	до 5	0,5	до 5
SO ₂	до 800	до 700	–	до 200
NO ₂	до 600	до 750	до 700	до 100
Відносний рівень сплати за викиди	1	1,03	0,60	0,21
Відносний рівень шкідливості	1	0,91	0,33	0,21

генераторного газу в 10 разів менша, ніж маса продуктів згорання. Відповідно, очистка газу відбувається за тиску до 1,5 МПа. Тобто об'єм газу, що очищується, в 100 разів менше необхідного об'єму очистки продуктів згорання палива при атмосферному тиску. Перспективність використання ВВП у вищезгаданих агрегатах зумовлюється наступними обставинами: суспензії подають в реактор під значним тиском, що робить процес газифікації безперервним; близько 50 % води, що входить до ВВП, корисно використовується в генераторах на утворення водню і окису вуглецю за рахунок її дисоціації.

Спалювання ВВП у киплячому шарі може використовуватись як самостійне спалювання. Для модернізації газомазутних котлів до використання ВВП, спалювання в киплячому шарі може бути організовано незалежно, в окремому передтопку. У більшості випадків передтопки киплячого шару використовують для котлів потужністю до 5 МВт. Негативним фактором є потрапляння золи безпосередньо в інертний матеріал, що утруднює її утилізацію. До позитивних характеристик слід віднести низьку чутливість до гранулометричного складу ВВП, а також низькі вимоги до форсунки, що розплює паливо.

Найбільш прийнятним способом при використанні ВВП на діючих об'єктах (в процесі модернізації) є сумісне (комбіноване) спалювання ВВП з газом (мазутом, вугіллям). Співвідношення ВВП/газ (ВВП/мазут, ВВП/вугілля) визначається на стадії теплового розрахунку котла. На котлах із спалюванням у шарі (котел КВТС 20) оптимальне співвідношення становило 70 %/30 %.

До переваг комбінованого спалювання відносять мінімальні витрати на модернізацію котла та одночасну організацію стабільного спалювання ВВП. Використання другого палива для «підсвічування», знижує вимоги до паль-

ника, що спалює ВВП. Доля ВВП становить понад 50 %, що скорочує витрати мазуту (газу). До недоліків комбінованого методу відноситься необхідність утримання двох паливних господарств: мазутного і ВВП (газового і ВВП).

На сьогоднішня поряд з відомою технологією водовугільної суспензії з'явилися і проходять апробацію компактні водовугільні технології, що дозволяють виробляти ВВП на основі кавітації і диспергації. Таке паливо – це колоїдно-дисперсна система з активними компонентами. Водовугільні технології з різним рівнем ефективності з успіхом проходять перевірку на об'єктах малої та великої енергетики Росії, до яких відносяться:

- отримання штучного композитного рідкого палива (ШКРП) з можливістю використання в складі композиції низькорекційного вугілля, сланцю, торфу та відходів нафтопереробки за технологією «Новосибірськєнерго» та Новосибірського державного технічного університету;

- отримання кавітаційного водовугільного палива (КавВП) за технологією НІІ «Новосибірськтеплоэлектропроект».

На базі ШКРП розроблено спосіб отримання паливних брикетів для шарового спалювання в киплячому шарі.

В основі виробництва ШКРП лежить використання торфу (30 %), відходів твердого палива (шлами і вугільний дріб'язок, технологічні відходи електричного виробництва 30–40 %), при необхідності відходів виробництва масла (10 %) та води (30 %). Основні характеристики і властивості ШКРП наведено в табл. 6 [3].

Модернізація котелень при переведенні їх на ВВП-ШКРП включає в себе установку перед котлом адіабатичного передтопка, в якому рідке паливо згорає з ККД топкового процесу 99 %, після чого газу надходять в котел, який в модернізованому варіанті є котлом-утилізатором. Загальний ККД котла дося-

Таблиця 6 – Основні характеристики і властивості ШКРП

Властивості ШКРП	Характеристика
Теплота спалювання, МДж/кг	15-19
В'язкість, Па·с	0,85-1,7
Розмір твердих частинок, мкм	10-15 (не більше 35)
Збереження властивостей рідини, °С	до -12
Температура займання, °С	250
Температура спалаху, °С	115-125

Таблиця 7 – Фізико-хімічні властивості палива з суміші бурого вугілля та антрациту

Склад і масова кількість КВВП	В'язкість, Па·с			Теплота згорання, МДж/кг
	Часовий проміжок, доба			
	1	7	30	
50 % (Бв 70 % + А 30 %)	0,28	0,3	0,34	12,8
55 % (Бв 80 % + А 20 %)	0,73	0,74	0,75	13,7
60 % (Бв 70 % + А 30 %)	0,94	0,95	0,96	15,2
60 % (Бв 50 % + А 50 %)	0,6	0,63	0,63	17,1

гає 85 %. Економія палива при цьому становить близько 50 %. Практичну ефективність проекту доведено в Росії (райони Кузбасу і Примор'я).

Одним з перспективних напрямків переробки шламів вуглезбагачення є спосіб сумісної переробки відходів антрацитового шламу та бурого вугілля [5] і створення на їх основі композиційного водовугільного палива (КВВП). В суміші КВВП масову частку твердої речовини доведено до 60 % (на бурому вугіллі – до 50 %). Результати проведених експериментів наведено в табл. 7.

Водовугільне паливо, що розроблено в ФДУП НПО «Гідротрубопровід», має назву «Ековут» і може бути отриманим з вугілля будь-якої марки і зольності після подрібнення вихідного вугілля і збагачення до зольності 3 %.

Важливою особливістю палива є постійність його складу і якості (незалежно від зміни якості вихідних компонентів, в тому числі вугілля), що дозволяє експлуатувати котли в оптимальних режимах і виробляти кінцевий продукт з

високими техніко-економічними показниками. Даний тип палива придатний для експлуатації в агрегатах тепловою потужністю від 0,3 до 500 МВт замість твердих, рідких і газоподібних палив. Процес спалювання «Ековут» характеризується високою повнотою вигорання палива (98 %), відсутністю хімічної неповноти згорання палива, що дозволяє суттєво підвищити ефективність його використання, особливо в котлах з шаровим спалюванням вугілля, в яких ККД котла зростає з 50 % до 80 %. Спалювання цього палива відбувається при низьких надлишках повітря (3–7 %), що також сприяє зниженню теплових втрат з газами, що відходять. Даний вид палива вибухотривкий та пожегобезпечний. В залежності від вимог споживачів водовугільне паливо може мати теплоту згорання до 21 МДж/кг (продукція вироблена з кам'яного вугілля) до 16 МДж/кг (з бурого вугілля). Якісні властивості палива «Ековут» можуть бути доведені до зольності 1–5 %, при цьому летюча зола агломерується і скорочуються викиди твердих

Таблиця 8 – Технології виробництва «Ековут» (Россія)

Вид вугілля	Вихідні параметри вугілля, %	Кінцеві показники зольності, %	Призначення
Кам'яне та антрацит	зольність до 20, сірка до 1	10-12	ТЕЦ, ТЕС
Кам'яне та антрацит	зольність понад 20	10-15	Мала енергетика
Кам'яне та антрацит	зольність понад 20, сірка до 5	10-15	Мала енергетика, технологічне призначення
Буре вугілля	вологість до 50	до 20	На заміну кам'яному вугіллю і іншим видам палива
Буре вугілля	вологість до 60	до 18	Мала енергетика
Буре вугілля	вологість до 55	1-2	Замість газу та мазуту в системах без очистки золи
Буре вугілля	вологість до 50	1-2	Мала енергетика, одночасне виділення супутніх компонентів

частинок на 80–90 %. «Ековут» виробляється з вугілля всіх марок граничною зольністю до 50 % і води будь-якої якості. Дана технологія не потребує використання термічних і хімічних процесів, тому має низьку енерго- і капіталоємність. Питомі капітальні вкладення в підприємство по виробництву «Ековут» не перевищують 2,4–4,0 дол. США на тонну палива (ціни 1999 р.) [6]. Капіталовкладення в технології спалювання вугілля в ЦКШ, ПГВ тощо можуть досягати 1000 дол. США/кВт встановленої потужності, для «Ековут» аналогічні показники коливаються в межах 15–20 дол. США/кВт (в цінах 2004 р.) [7].

За підрахунками російських вчених, вартість 1 т у.п. «Ековут» на 15–20 % нижче вартості 1 т у.п. мазуту, на 20–30 % нижче вартості 1 т у.п. природного газу і на 15–20 % вище вартості 1 т у.п. вугілля.

У дослідно-промислових умовах на установках повного циклу відпрацьовано сім технологій виробництва екологічного палива (табл.8).

Одним із шляхів вирішення проблеми поповнення енергоресурсів є створення альтернативного палива, що являє собою висококонцентровану водовугільну суспензію (ВВВС), в якій дисперсною фазою є частинки вугілля розміром менше 250 мкм, а дисперсним середовищем є вода. Сировиною для приготування цього виду палива виступатимуть вугілля різних марок, відходи вуглезбагачення, шахтні і промислові відходи. Переваги цього палива – більш висока теплота згоряння при менших витратах повітря і високий ступінь вигорання. В зоні горіння краплин ВВВС відбувається відновлення окислів азоту і сірки, тому в 1,5–2 рази скорочуються викиди цих газів порівняно із пиловугільним спалюванням. Вартість ВВВС у перерахунку на тонну умовного палива нижче вартості мазуту в 2–4 рази і на 10–15 % перевищує ціну палива з вугілля [8].

Згідно з Енергетичною стратегією України, планується збільшення обсягів видобутку бурого вугілля відкритим способом. Реакційна здатність бурого вугілля вища на порядок, ніж кам'яного і антрациту, а температура спалаху внаслідок значної концентрації летких речовин (30–50 %) значно нижча. Недоліком бурого вугілля є підвищена вихідна вологість, що утруднює процес отримання ВВВС з необхідними теплофізичними характеристиками. Тому розробка різних способів приготування палива

з бурого вугілля різного ступеня окиснення ВВВС з максимально можливим вмістом твердої фази, мінімальною в'язкістю і потрібним ступенем седиментаційної стійкості вирішувалась в роботі відносно вугілля марки 1Б Дмитровського розрізу, м. Олександрія.

Використання технології отримання ВВП у роторно-вихрових млинах [9] дозволяє провести ультратонке подрібнення вугілля і фактично збагатити вугілля до зольності 2–8 % та вологості 0,5 %. Суттєво збільшується концентрація твердої фази водовугільного палива. Використання роторно-вихрових млинів дозволить підвищити середню теплоту згоряння вугілля Олександрійського родовища з 1510 до 3750 ккал/кг за рахунок зменшення вмісту вологи і золи. З такими показниками якості буре вугілля можна використовувати як паливо в газотурбінних (ГТУ) і парогазових (ПГУ) установках.

За даними [1] станом на 2008 рік із загальної кількості теплових агрегатів вугільної галузі 86,7 % спалювали збагачене вугілля, 10,5 % – шахтний метан, 2,5 % – природний газ, 0,3 % – мазут. За орієнтовними даними 87 % котлоагрегатів потребують спалювання сортового вугілля. З них найбільш конструктивно застарілими і зношеними є котли типів Ланкаширський, Надточія. Котли цих і інших типів (Універсал, Ревокатова, ДКВР) характеризуються високим механічним недопалом в межах 35–40 %. Заміна котлів повинна відбуватися в стислі терміни при наявності достатнього фінансування з боку держави. За альтернативний варіант може бути прийнята технологія спалювання водовугільного палива на основі залишків вугільних шламів збагачувальних фабрик, антрацитових штибів і некондиційного вугілля закритих шахт. Вихідний гранулометричний склад вугільних шламів не перевищує 1–2 мм та ідеально підходить для виготовлення ВВП. Технологічні переваги ВВП такі: використання широкого спектра вугілля для його приготування; за рахунок скорочення температури займання й горіння вугілля в складі ВВП, антрацити і вугілля з низьким вмістом летких речовин можуть використовуватись в енергетичних котлах без рідкого шлакування; зникає необхідність сушіння вугілля перед дрібним розмелом (порівняно з пиловугільними котлами); добові зміни потужності котлів («скиди») можливо провадити без загрози шлакування, з більш

плавним регулюванням потужності.

В Україні у мулонакопичувачах і відстійниках накопичено за різними даними від 120 до 140 млн т відходів вуглезабачення, потенційний енергоресурс яких становить до 30 % [10]. На даний час забалансові шлами зольністю понад 45 % майже не використовуються. В середньостроковій перспективі після додаткового збагачення шлами мулонакопичувачів можуть бути перероблені на ВВП.

З метою скорочення витрат природного газу для підвищення ефективності спалювання збагаченого вугілля в котлах виконані експериментальні роботи по заміні газомазутного палива в топках НТКС і ВКС на водовугільне. Введення ВВП над рухомим шаром вугілля може забезпечити економію вугільного матеріалу по агрегату на 30–40 %, ККД агрегата підвищується до 85 %.

У перспективі можлива значна економія коштів при заміні частини природного газу ВВП в печах для випалювання цементу. Наприклад, заміна 25 % газу в печі потужністю 117 т/год може забезпечити економію 4,8 млн грн на рік при ціні ВВП з антрацитового шламу (зольністю 30 %) 1,7 млн грн. У 2005 р. два котли шахти «Довжанська-Капітальна» і сушарка ЦЗФ «Свердловська» витрачали на рік 12 млн м³ газу. При сумісному спалюванні ВВП і вугілля марки АС економія становить 7 млн грн [11].

В 2007–2008 рр. на шахті «Довжанська-Капітальна» (котел ДКВР 10 13) ГОАО «НИПКИ «Углемеханизация» (м. Луганськ) було проведено дослідне спалювання природного газу і ВВП, з використанням збагачених шламів ЦЗФ «Свердловська» у співвідношенні 50 на 50 % (за підведеною тепловою енергією). При сумісному спалюванні ВВП і газу на установці теплоенергетичного комплексу потужністю 419,2·10⁶ кДж/год річний економічний ефект становить (в цінах 2008 р.) 59,2 млн грн, коефіцієнт корисної дії котла при сумісному спалюванні становить 90 % [1].

ВИСНОВКИ

Наведені технології отримання ВВП дозволяють виробляти на базі вугілля, води та інших складових принципово новий вид штучного палива.

Нове композитне паливо може використовуватися, в залежності від якості, для спалю-

вання в топкових камерах різних варіантів, а також в якості палива для двигунів внутрішнього згоряння, газотурбінного палива і палива для газифікаторів.

Найбільш придатним є варіант модульного приготування ВВП з наступним його спалюванням в топкових устроях котельень.

Нове паливо найбільш доцільне до використання для заміни мазуту (газу) для котельень. На сьогоднішній день випробувано більше десятка типів парових і водогрійних котлів із спалюванням ВВП. До таких котлів відносяться типи: ДКВР, ДЕ, КЕ, БКЗ-50-40 ГМ, БКЗ-75-75-40 ГМ, БКЗ 35 40 ГМ та ін.

Для великої енергетики переведення діючих котлів з факельного спалювання рядового вугілля на спалювання ВВП на даний час є нерентабельним з точки зору економічності, надійності і екологічної безпеки. Для котлів ТЕС при технічному переобладнанні з метою економії газу необхідно здійснювати сумісне спалювання газу і ВВП з відповідним заміщенням газу ВВП до 50 % по теплу.

При переведенні котельень на спалювання ВВП необхідно передбачити установку систем уловлювання золи при зольності ВВП більш ніж 2 % або збагачення вугілля для ВВП до зольності 3 %.

Доцільно розпочати виготовлення ШКРП з використанням в композиції торфу, сланцю, шламу, відходів масла.

ВВП може бути застосовано в малій енергетиці (для заміни їм мазуту з мінімальним обсягом робіт із реконструкції), особливо за умов його демінералізації до зольності 1,5 %.

1. Красник В.Г., Кузнецов А.С., Дуденко И.И. Новая технология использования угольных шламов в малой теплоэнергетике // Уголь Украины. – 2009. – № 1-2. – С. 49–52.

2. Кузнецов А.С. Почему не применяется водоугольное топливо в Украине? // Уголь Украины. – 2012. – № 3. – С. 40–43.

3. Овчинников Ю.В., Луценко С.В. Искусственное композиционное жидкое топливо из угля и эффективность его использования // Сб. тр. конференции «Перспективные энергосберегающие технологии и способы сжигания твердого топлива в котлах малой и средней мощности», 15-18.11.2005. – Кемерово: Изд-во «ГУ КЦЭ».

4. *Красник В.Г., Кузнецов А.С., Дуденко И.И.* Экономические и экологические аспекты применения водоугольного топлива в котлоагрегатах малой и средней тепловой мощности: Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях. — Донецк: Наука, техника, технология, 2007. — С. 482–486.
5. *Деягин Г.Н.* Экологически чистое топливо ЭКОВУТ — путь резкого улучшения экологической ситуации в энергетике России: Сб. тр. международной научно-практической конференции «Экология энергетики — 2000», 18-20.10.2000 г. — М.: Изд-во МЭИ, 2000. — С. 320–323.
6. *Получение композиционного водоугольного топлива с использованием угольных шламов* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://waste.com.ua/cooperation/2009/theses/makarov.html>.
7. *Колобов С.Н.* Водоугольное топливо и перспективы его использования на ТЭС // Новое в Российской электроэнергетике, 02.2004, Россия: Веб-сайт журнала «Новое в Российской электроэнергетике» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.energo-press.info/nre/body/arch/2004/02-nre.pdf.
8. *Получение высококонцентрированного водоугольного топлива на основе бурого угля разной степени окисленности* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://waste.ua/cooperation/2008/theses/savitskiy.html>.
9. *Артемьев В.К., Данченков Н.И., Титов А.Н.* Пат. 2167189 Российская Федерация, МПК 7 С 10 L 1/32. Способ получения водоугольного топлива.
10. *Курченко И.П., Золотко А.А.* Извлечение в тованую продукцию забалансовых угольных шламов // Уголь Украины. — 2001. — № 1. — С. 30–33.
11. *Кузнецов А.С., Дуденко И.И.* О возможностях сжигания водоугольного топлива в котлах промышленных и коммунальных предприятий // Уголь Украины. — 2007. — № 3. — С. 6–8.

Надійшла до редколегії 10.10.2012