

УДК 622.693.4

ПРИГОТУВАННЯ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ БУРОГО ВУГІЛЛЯ

В.С. Белецкий, проф., доктор технічних наук;

О.А. Круть, Ю.Г. Світлий, кандидати техн. наук

Постановка проблеми і стан її вивчення. Збільшення видобутку вугілля як основного на сьогоднішній день енергоносія в Україні може бути здійсненим лише шляхом корінної реконструкції старих та будівництва нових вугільних шахт, що вимагає тривалого часу та пов'язано з суттєвими капіталовкладеннями. Усунути дефіцит твердого палива в найкоротший термін з найменшими капіталовкладеннями можна за рахунок бурого вугілля, сферу використання якого в теплоенергетиці обмежено його високою вологістю та підвищеною активністю до кисню повітря (а, отже, і небезпека самозаймання), які обумовлюють недоцільність транспортування та тривалого зберігання. Усунути ці недоліки можна шляхом термообробки бурого вугілля з використанням технології „hot water drying”, кінцевим продуктом якої є водовугільне паливо з теплою спалювання більше 3400 ккал/кг. Технологія гідротермообробки „hot water drying” розроблена, зокрема, Дослідним центром з енергетики й екології (EERC) університету Північна Дакота (США). З метою опрацювання технології широкого впровадження водобуровугільного палива у велику та малу теплоенергетику України розроблено проект дослідно-промислової установки продуктивністю 147 т палива в добу.

Досвід світової практики підтвердив життєздатність технології водовугільного палива, сфера використання якого охоплює не тільки підприємства великої й малої теплоенергетики, але й теплофікаційні установки суміжних галузей, у тому числі нагрівальні й випалювальні печі, а також великі стаціонарні й суднові дизелі. Водовугільне паливо може бути використане в якості основного (штатного) котлового палива, як альтернатива природному газу й рідким нафтопродуктам, для часткової заміни штатного палива з метою зниження вартості теплової й електричної енергії, а також як доспалювальне паливо для підвищення ступеня вигорання органічної маси й зниження викидів в атмосферу твердих частинок і оксидів азоту.

Вихідним продуктом для приготування водовугільного палива може бути як високоякісне малозольне вугілля й антрацити, так і високозольні відходи його збагачення. Враховуючи необхідність підвищення об'ємів використання вугілля, як основного в цей час і в недалекому майбутньому енергоносія, остання обставина набуває особливого значення у світлі пошуку дода-

ткових джерел дешевих енергоресурсів, а також поліпшення екологічного тла густонаселених промислово розвинених регіонів.

Водовугільне паливо, приготоване на основі вугільних шламів, не має достатнього енергетичного потенціалу, достатнього для використання його в якості основного котлового палива. Для цього високозольні шлами необхідно піддати глибокому збагаченню, доцільність чого треба підтвердити економічно.

Традиційно основна увага при виробництві водовугільного палива приділяється якості вихідного вугілля, його здатності до сумішоутворення й високого ступеня насичення, що ускладнює технологію приготування, обумовлює необхідність застосування дорогих хімічних добавок і, таким чином, збільшує собівартість. Таке паливо характеризується дилатантною реологією, помірною реактивністю й природною схильністю до агломерування в міру випарювання води, у результаті чого залишається зола й незгорілі частки, більші, чому у вихідному вугіллі.

До того ж додавання до високосортного вугілля великої кількості води знижує його енергетичний потенціал і, отже, основну перевагу як палива.

При впровадженні технології водовугільного палива створюється можливість максимального використання інфраструктури пиловугільних і газомазутних котлоагрегатів, мінімальної реконструкції обладнань і систем паливоподачі. Істотною перевагою ВУТ у порівнянні із твердим паливом і мазутом є його повна вибухо- і пожежобезпека, практично повна відсутність втрат при транспортуванні в цистернах і трубопроводах, екологічна чистота спалювання.

Теоретичні пророблення й експериментальні дослідження показали, що для виробництва водовугільного палива з прийнятними топковими характеристиками й стійким горінням вихідне вугілля повинно мати такі характеристики:

рівноважна волога	менше 10%;
відношення «зв'язаний вуглець–леткі речовини»	менше 1,6;
вихід летких	більше 30 %;
ступінь вільного набрякання (тенденція до агломерації)	менше 3:
температура плавлення золи	якомога вище.

Буре вугілля відповідає всім цим вимогам за винятком вологості, яка й може бути знижена шляхом гідротермообробки з використанням технології “hot water drying”.

Мета цієї статті – ознайомлення з результатами закордонних і вітчизняних досліджень по застосуванню технології переробки бурого вугілля “hot water drying”.

Виклад основного матеріалу. НПО «Хаймек» (Донецьк) у співдружності з фірмами Williams Technologies Inc. і Coal-Water Fuel Services (США) виконані дослідження за технологією “hot water drying” на вітчизняному бурому вугіллі. Проба бурого вугілля для досліджень була відібрана на Константинівському розрізі ДХК «Олександріявугілля» і в заповнених інертним га-

зом поліетиленових мішках, поміщених у металеві контейнери, доставлена авіапоштою в США. Дослідницькою лабораторією (Фербенкс, штат Аляска) вугілля отримане в первинному стані з вологістю на робочу масу близько 55 % (рівноважна волога близько 36 %).

У процесі досліджень буре вугілля пройшло повний технологічний цикл підготовки гідросуміші, термообробки й приготування водовугільного палива. Гідротермообробка проводилася в спеціальному реакторі при температурі від 300 до 320 °С і тиску насиченого пари протягом часу від 10 до 30 хвилин. У результаті гідротермообробки відзначене істотне поліпшення хімічних характеристик бурого вугілля, включаючи зниження змісту кисню й сірки при підвищенні енергетичного потенціалу. Рівноважна волога знизилася від 36 до 10 %.

На заключному етапі отримане водовугільне паливо (ВВП) при масовій концентрації 60 % без застосування хімічних добавок з теплотою згоряння 3444 ккал/кг.

Розрахунок ефективності використання різних теплоносіїв електростанціями України наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Ефективність використання різних теплоносіїв електростанціями України.

Показники	Марка вугілля					газ	мазут	ВВП	
	Г	Д	П	А	Б			підсвічування	основне паливо
Вартість у постачальника, \$/Гкал	6,19	6,43	7,42	8,25	6,28	10,40	11,19	8,37	
Собівартість 1 кВт.год на ТЕС, центів США:									
Криворізька ТЕС	–	–	2,68	–	–	–	–	2,53	2,53
Слов'янська ТЕС	–	–	–	2,94	–	–	–	2,59	2,74
Придніпровська ТЕС	–	–	–	2,69	–	–	–	2,53	2,50
Запорізька ТЕС:									
вугілля	2,03	–	–	–	–	–	–	2,04	2,40
газозмазутне паливо	–	–	–	–	–	–	2,73	–	2,32
Трипільська ТЕС:									
вугілля	–	–	–	2,67	–	–	–	–	5,50
газозмазутне паливо	–	–	–	–	–	–	2,63	–	2,37
Зміївська ТЕС	–	–	–	2,82	–	–	–	2,69	2,50

Вищевикладене підтверджує технічну можливість і економічну доцільність використання водовугільного палива на теплових електростанціях у якості основного й «підсвіточного» палива.

Світові запаси бурого вугілля оцінюються в 1,3 трлн. т. Світовий річний видобуток – 950 млн. т. Буре вугілля використовують переважно для спалювання на теплоелектростанціях, як побутове паливо, у менших масштабах – для брикетування, газифікації, виробництва вуглелужних реагентів, гірського воску.

В Україні поклади бурого вугілля зосереджені в Дніпровському буровугільному басейні, у Закарпатті, Прикарпатті, Наддністрянщині. У структурі балансових запасів вугілля України частка бурого вугілля становить 6,6 % (2,54 млрд. т на 1.01.95). Запаси бурого вугілля, зосереджені в родовищах Дніпровського басейну оцінюються в 2,2 млрд. т. Найбільш перспективними є також Новодмитрівське родовище (близько 400 млн. т і Сулай-Удайське (504 млн. т).

Особливий інтерес являє детально розвідане Верхньодніпровське родовище бурого вугілля, сприятливі гірничо-геологічні умови якого й значні запаси енергетичного вугілля при невисокому ($6,6 \text{ м}^3/\text{т}$) коефіцієнті розкриття дозволяють уже в найближчій перспективі створити на базі ділянки потужний теплоенергетичний і хіміко-технологічний комплекси.

Родовище розташоване поблизу м. Верхньодніпровська Дніпропетровської області.

Потужність розкриття від 35,3 до 143,2 м (середня – 74,2 м).

Потужність шару від 2,0 до 28,2 м (середня 10,6 м).

Зольність вугілля на суху масу від 11 до 40 % (середня 18,7 м).

Вологість вугілля від 46,0 до 65,5 % (середня 51,7 %).

Вміст сірки від 0,52 до 8,95 % (середнє 4,24 %).

Вміст бітуму від 1,0 до 23,7 % (середнє 8,3 %).

Нижча теплотворна здатність 2290 ккал/кг.

Запаси понад 200 млн. т.

Основна частина родовища може бути відпрацьована відкритим способом. Для розробки родовища рекомендується застосування **потужного** гірничо-транспортного устаткування безперервної дії в складі транспортно-відвального комплексу для нижнього розкритого уступу й транспортного комплексу для верхнього розкритого уступу. Селективний видобуток і транспорт вугілля також повинні здійснюватися технікою безперервної дії – роторними екскаваторами й стрічковими конвеєрами з подачею від вибою до терміналу приготування водовугільного палива, який необхідно спорудити в безпосередній близькості від розрізу. Цей термінал включає вузол гідротермообробки бурого вугілля за технологією “hot water drying”.

Споживачами водовугільного палива плануються сучасні пиловугільні енергоблоки теплових електростанцій, у першу чергу розташовані по р. Дніпро. Першочерговим об'єктом, у цьому плані, є Придніпровська ТЕС.

Ще одним об'єктом може бути теплоенергетичний комплекс на базі Новодмитрівського родовища, розташованого в Барвенківському районі Харківської області.

Вугільний поклад має мульдоподібну форму з розмірами в плані 2,5 x 4,5 км. Промислові запаси становлять близько 400 млн. т.

Найбільше промислове значення мають **два** шари:

ШІІ – (основна лінза). Запаси 295 млн. т.

Потужність від 2,0 до 73,8 м (середня близько 50 м).

Глибина залягання від 60 до 340 м.

Середня зольність на суху масу 24,5 %.

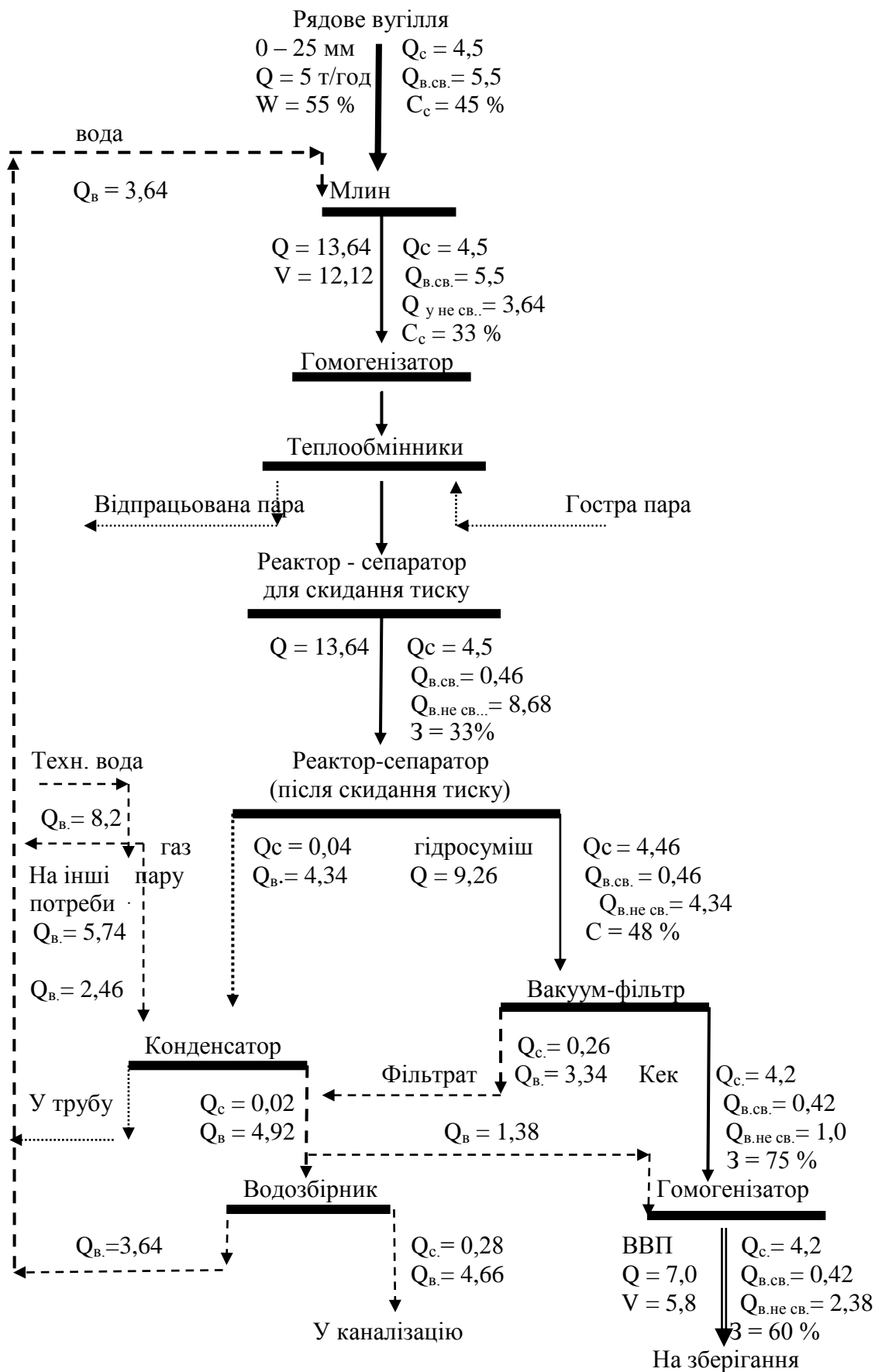


Рис.1. Якісно-кількісна схема приготування водовугільного палива на основі бурого вугілля для продуктивності 120 т/добу.

Принципова технологічна схема терміналу приготування водовугільного палива наведена на рис. 2.

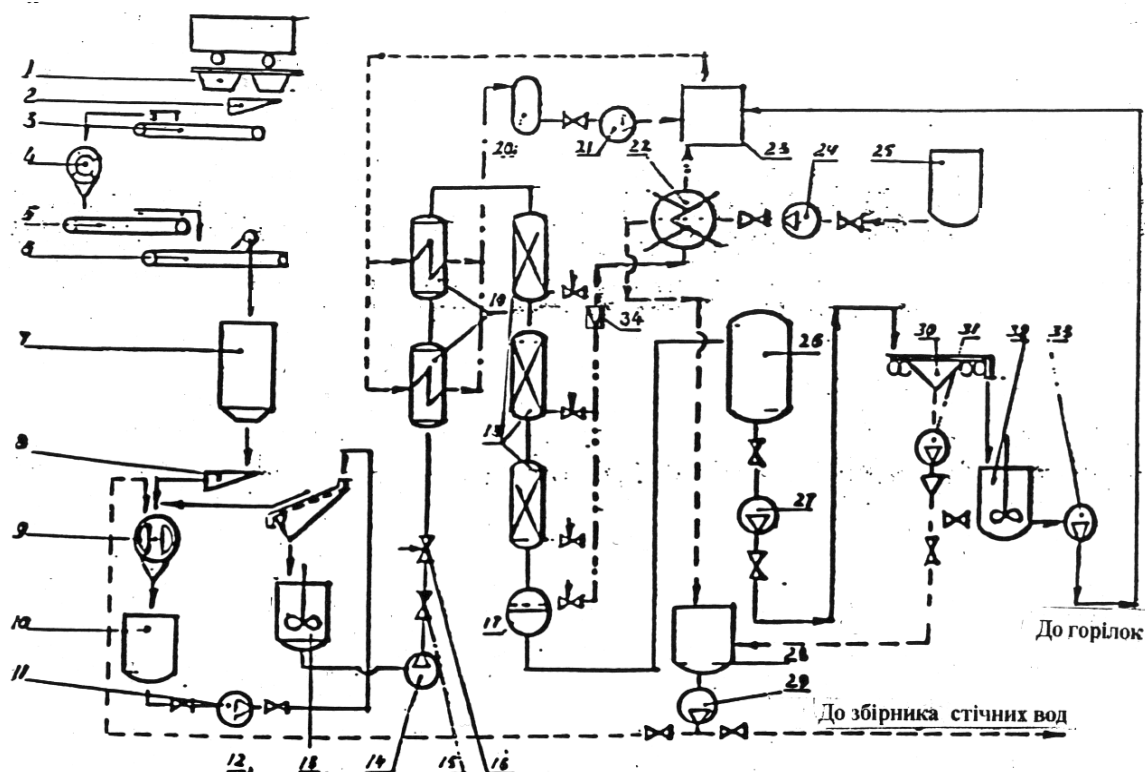


Рис. 2. Технологічна схема терміналу приготування ВВП.

1. Яма привізного вугілля. 2. Живильник. 3. Конвеєр з металовловлювачем. 4. Дробарка. 5. Конвеєр стрічковий. 6. Конвеєр з розвантажувальним візком. 7. Бункер дробленого вугілля. 8. Живильник-дозатор. 9. Кульовий млин. 10. Бак для гідросуміші. 11. Насос. 12. Гідрогрохот. 13. Мішалка. 14. Насос вакуумний. 15. Безповоротний клапан. 16. Регулювальний клапан. 17. Сепаратор. 18. Реактори. 19. Теплообмінники. 20. Збірник конденсату. 21. Живильний насос. 22. Конденсатор. 23. Котел. 24. Насос. 25. Резервуар для води. 26. Зрівнювальний резервуар. 27. Насос. 28. Бак для води. 29. Насос. 30. Стрічковий вакуум фільтр. 31. Вакуумний насос. 32. Гомогенізатор. 33. Насос готового ВВП. 34. Клапан скидання тиску.

Порівняльні характеристики бурого вугілля до й після гідротермообробки наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Технічний і елементний аналізи бурого вугілля Олександрійського родовища.

Показники	Рядове буре вугілля	Буре вугілля після гідротермообробки
Технічний аналіз		
Зольність на суху масу A^d , %	7,9-40,0	18,8
Зольність на робочу масу A^r , %	4,96-25,12	11,8
Вихід летких V^{daf} , %	51,6	48,1
Зв'язаний вуглець, %	30,0	33,5
Вологість W_t^r , %	34,7-65,0	37,2
Елементний аналіз		
Вуглець, %	56,6	61,7
Водень, %	4,8	4,8
Азот, %	0,7	0,6
Сірка, %	2,52-4,73	3,9

Зола, %	18,8	18,8
Кисень, %	15,4	10,6
Вища теплота згоряння, кДж/кг (ккал/кг)	28020 (6692)	38988 (9312)

Проектом передбачене максимально можливе використання існуючого основного й допоміжного устаткування, інженерних мереж і комунікацій.

Собівартість водовугільного палива, включаючи вартість бурого вугілля як вихідного продукту (60 грн./т) становить 112,88 грн./т або \$6,5/Гкал. Планований строк будівництва – 11 місяців.

Висновки:

Показана принципова можливість і перспективність застосування у вітчизняних умовах технології переробки бурого вугілля “hot water drying”.

Література.

1. Hot-Water-Drying [Електронний ресурс]:
<http://www.undeerc.org/demonstration/hotwater.aspx>
2. Basta Nicholas. Moore Stephen. Gerald Ondrey. Coal Slurries: an environmental Bonus ? // Chemical Engineering. – May. – 1994.
3. Papayani F.A., Switly Y.G., Vlasov Y.F. Projects of Introduction of Coal-Water Fuel Technology in Ukraine // The Proceedings of 21-th International Technical Conference on Coal Utilization & Fuel Systems. – Clearwater, USA. –1996. – P. 301–303.
4. Папаяни Ф.А., Самойлик В.Г., Свитлый Ю.Г. Использование бурого угля в теплоэнергетике. Стабилизационный потенциал использования угля в электроэнергетике Украины // Труды научно-методического семинара. – К. – 1997. – с. 15–19.
5. Проект дослідно-промислової установки до виготовлення водовугільного палива з бурого вугілля Олександрійського родовища (пояснювальна записка). Книга 1. Донецьк. – АТЗТ „НВО „Хаймек”. – 2003. –88 с.