

УДК 635.05:574:620.9

Георгій Павлович БЛІННІКОВ,
*кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри
загальнонаукових та інженерних дисциплін Національної академії
Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

Людмила Сигізмундівна ДАЦЮК,
*викладач кафедри загальнонаукових та інженерних дисциплін
Національної академії Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

У роботі обґрунтовано можливості вироблення зі здобутого вугілля палива із властивостями, достатніми для його використання в газомазутних котлах без їх ремонту. Упровадження спалювання водовугільних суспензій у теплоенергетиці дозволить досягти значного економічного й екологічного ефекту. Водовугільне паливо як на стадії виробництва, зберігання і транспортування, так і на стадії використання є повністю екологічно чистим паливом.

Ключові слова: водовугільне паливо, вугілля, мазут, газ, шкідлива речовина, екологічний показник.

Постановка проблеми у загальному вигляді. На межі 70–80 рр. минулого сторіччя світова енергетична криза набула перманентного характеру, що пов'язано із закінченням ери “дешевої нафти”. До
© Блінніков Г. П., Дацюк Л. С.

2000 р. було витрачено світових запасів: 87 % нафти, 73 % природного газу, 2 % вугілля. Це стосується енергетичних ресурсів, доступних для сучасних технологій їхнього добування. Одночасно почалася інтенсивна розробка технологій, що дозволяють використовувати альтернативні джерела енергії: сонячну енергію, енергію морських припливів, вітру тощо. Тривають пошукові роботи з розробки технологій видобування і використання сланцевого газу, газогідратів. Однак, незважаючи на значний прогрес у цій галузі останнім часом, реально на найближчі 30–40 років, за оцінками експертів, основним енергетичним ресурсом залишається вугілля. У зв'язку з цим США проголосили наприкінці 90-х років повернення до «ери вугілля», сьогодні не менше 75 % теплоелектростанцій США переведені на це паливо, у Китаї більш 70 % енергії виробляється з вугілля. Унаслідок обмежених можливостей розвитку власної газо- і нафтодобувної промисловості України основним енергоносієм безальтернативно залишається вугілля, головним споживачем якого є велика теплоенергетика, майже на 70 % представлена потужними теплоелектростанціями, які розташовані, як правило, у густонаселених промислово розвинутих районах з далеко не добрими екологічними характеристиками навколишнього природного середовища. Разом з тим перехід до «ери вугілля» на основі технології його використання 50–60 рр. минулого сторіччя неможливий з деяких причин: технологічних, екологічних, економічних та інших [1].

У результаті енергетичної політики 60–80-х років більша частина ТЕС сьогодні працює на природному газі й мазуті. У 1998 р. в паливному балансі ТЕС природний газ складав 61,8 %, мазут – 8,6 %, а вугілля тільки 29,6 %.

У перспективі до 2020 року очікується скорочення видобутку нафти та зниження до 4–6 % частки мазуту в паливному балансі ТЕС. Відбувається неухильне віддалення родовищ нафти від центрів споживання, що об'єктивно призведе до збільшення вартості у споживача.

Завдання зменшення вартості палива на ТЕС при забезпеченні дотримання екологічних вимог у виробництві енергії є одним з першочергових, рішення якого вимагає сьогодні.

Основними шляхами скорочення споживання газомазутного палива для ТЕС є:

реконструкція ТЕС, що експлуатуються, з переведенням їх на вугілля;

вироблення зі здобутого вугілля палива із властивостями, достатніми для його використання в газомазутних котлах без їх реконструкції;

застосування поновлюваних і нетрадиційних джерел енергії.

Перший шлях пов'язаний з великими капіталовкладеннями та тимчасовою зупинкою експлуатації ТЕС, на що сьогодні немає ні коштів, ні часу.

Більша частина проектів з поновлюваних і нетрадиційних джерел енергії в Україні, на жаль, розрахована на далеку перспективу. У практичному ж плані, якщо орієнтуватися на найближче майбутнє, потрібно визначити роль і місце вугільного та деревного палива. Для України це може бути вирішальним енергоресурсом. Однак екологічні обмеження вимагають розробки та впровадження нових екологічно чистих вугільних технологій, що забезпечують повноту використання палива при максимально низькому шкідливому навантаженні на навколишнє середовище. Для вугільної енергетики принципово важливим є перехід від прямого спалювання вугілля в топкових пристроях до приготування з вугілля різної якості (у тому числі і з відходів вуглезбагачення) водовугільного палива (ВВП) і водовугільних суспензій (ВВС) [2].

Актуальним є дослідження екологічних аспектів використання водовугільних паливних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опираються автори. Ідея використання водовугільних суспензій як палива зародилася ще в 50-х роках у різних наукових школах світу, зокрема в Інституті горючих копалин АН СРСР. Пошуки технології їхнього приготування і використання диктувалися загостренням необхідності утилізації тонких вугільних шламів, що накопичилися у великих кількостях унаслідок інтенсивного розвитку гідровидобутку і гідротранспор-

тування вугілля, а також при збагаченні вугілля мокрим способом. Для дослідження процесів приготування та горіння суспензій було побудовано кілька експериментальних установок у США, ФРН та інших країнах. Інтерес до ВВП відновився у зв'язку зі світовою нафтовою кризою в середині 70-х років. Активізація досліджень викликала необхідність зниження залежності великих споживачів від нафтових постачальників. Найбільшу кількість наукових організацій, виробничих фірм і корпорацій було притягнуто до проблеми в 1979–1984 роках. Більше 100 організацій у США, Швеції, Великобританії, Китаї, Японії, Канаді, Італії, Росії та низці інших країн займалися вивченням і впровадженням ВВП [3; 4].

В Україні ж можливості будівництва фабрики з виготовлення ВВП поки що тільки вивчаються. Нещодавно на базі шахти “Довжанська-Капітальна” був випробуваний пілотний проект з приготування ВВП. За оцінками Мінвуглепрому України, упровадження нової технології допоможе підприємству щорічно заощадити до 10 млн м³ природного газу. На жаль, використання ВВП поки не набуло собі чільного місця у великій енергетиці. Це при тому, що витрати на виробництво 1 Мвт/год електроенергії з використанням такого палива при транспортуванні його вуглеводами нижче витрат, ніж при пилоподібному спалюванні вугілля, доставленого залізничним транспортом (особливо на далекі відстані: при дальності в 100 км – до 12 %, на 1 000 км – 22–32 %, 4 000 км – 47–65 %). Разом з тим використання ВВП замість прямого спалювання вугілля, газу і мазуту вимагає великих початкових капіталовкладень, особливо на першому етапі його промислового використання. Проте для України питання переходу промисловості на водовугільне паливо залишається відкритим і, напевно, у майбутньому з ростом технічного прогресу буде реалізоване.

Метою статті є дослідження екологічних аспектів використання водовугільних паливних ресурсів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення мети роботи насамперед необхідно оцінити особливості досліджуваного питання.

Особливістю завдання є те, що одним з головних останніх досягнень провідних світових екологів є визначення дуже важливого поняття – критерію, який називається рубезем сталості (стійкості, витривалості, усталеності) екосфери щодо антропогенних навантажень, або несучою ємністю біосфери (її екологічною техноємністю). Ця величина становить 1 % чистої первинної глобальної продукції біоти, що дорівнює близько 23 ЕДж/рік або 0,74 ТВт/рік.

За оцінками різних фахівців, сучасне пряме споживання людством біопродукції становить від 7 до 12 %, тобто в десять разів більше від рубезу стійкості біосфери.

Валова потужність енергетики нашої цивілізації становить близько 18 ТВт, тобто в 24 рази більше від енергетичної оцінки межі стійкості біосфери. Єдиний висновок, що випливає з таких розрахунків, – це необхідність негайного зменшення техногенного тиску на біосферу. Найголовнішими шляхами зниження цього тиску є зменшення чисельності населення планети і екологізації економіки та всіх сфер виробництва. Питання демографічного вибуху – це питання планетарного масштабу, і розв'язок цієї проблеми повинен вирішуватися на світових форумах, отже, ми зосередимо свою увагу на дослідженні головного важеля економіки – енергетики.

За останні 100 років потужність створених джерел енергії на планеті збільшилася приблизно в 1 000 разів і складає на кінець першої декади ХХІ сторіччя – 95 812,5 Мт н. е. [5].

Розподіл споживання енергоресурсів у 2010 році наведений у табл. 1 [6].

Таблиця 1

Структура споживання енергоресурсів в Україні, %

Паливо	Світ у цілому	Україна	Країни ЄС 15	США
Газ природний	21,1	39,5	24	23
Нафта	33,1	11,8	36,4	38,9
Вугілля	27	28	18,3	23,7
Уран	5,8	18	13,4	9,3
ВВЕ	12,8	2,7	7,9	5,1

Як бачимо з табл. 1, дуже великий відсоток природного газу в енергетичному балансі України – майже у двічі більше ніж у світі – та низька доля альтернативних джерел енергії.

Для зменшення використання природного газу безальтернативним є, по-перше, виробництво енергії і тепла зі здобутого вугілля – палива із властивостями, достатніми для його використання в газомазутних котлах без їх реконструкції, по-друге – використання в газомазутних котлах деревного палива.

Порівняно з іншими видами палива вугілля – найдешевше й найкалорійніше. Однак при цьому воно одне з найбільш брудних, з точки зору екології, та незручне, з точки зору транспортування та використання. Зрозуміло, що газом і мазутом топити простіше. У найближчі десятиріччя вугілля може стати основною формою палива для усього світу. Однак це все може відбутися за наявності нових технологій, які забезпечать його економічність та екологічність. Спроби перевести вугілля у рідкий стан робилися ще в колишньому СРСР, наприклад, з 1989 по 1993 рік експлуатувався 262-кілометровий водовуглепровід “Білово – Новосибірськ”, по ньому перекачували це незвичайне паливо для живлення Новосибірської ТЕЦ-5.

Одним з недоліків технології були великі витрати енергії на виготовлення палива – 150 кВт·ч на тонну. Сучасні технології щодо вироблення водовугільних сумішей зменшили енерговитрати до 20 кВт·ч [7]. Водовугільне паливо становить собою суміш (суспензію) вугільного дріб'язку і води. Іноді до складу суспензії додаються різні добавки (пластифікатори, стабілізатори тощо), які змінюють її реологічні властивості. Вугілля у процесі виготовлення піддається механохімічній обробці, що підвищує його реакційну здатність при спалюванні. Виготовлюватися ВВП може з вугілля будь-якої якості, починаючи від бурого вугілля і закінчуючи антрацитами. Потенціальним джерелом сировини для виготовлення водовугільного палива можуть бути відходи мокрого збагачення (шлами), високозольне вугілля, яке шахтами не обробляється. Технологічні характеристики ВВП залежать від виду їх використання (табл. 2) [8].

Таблиця 2

Оптимальні параметри водовугільного палив

Параметр	Сфери застосування		
	Вугільні ТЕС	Мазутні ТЕС	Котельні
Зміст вугілля, % (за масою)	60.70	60.70	62.65
В'язкість, Па·с, при 100 с ⁻¹ , не більше	1,0	1,0	0,5
Зміст сірки в сухому вугіллі, % (за масою), не більше	1,2	1,2	0,8
Середня теплота згорання, кДж/кг	21 000	21 000	21 000
Зольність вугілля, % (за масою)	> 12	3.5	2.6
Розмір часток, мкм, не більше	250	150	45
Стабільність, діб, не менше	120	120	180

Водовугільне паливо залежно від технології приготування може мати різний грансклад, але відрізняється, передусім, своєю складністю і енергоспоживанням при виробництві. Спалювання ВВП відбувається за температури біля 900–1100 °С. Отже, тільки за рахунок звичайного температурного зменшення кількості утворюваних викидів оксидів азоту, спалювання ВВП дає менше газоподібних викидів в атмосферу.

Поліпшення екологічних показників при спалюванні ВВП досяжне в схемах з уведенням відповідних нейтралізаторів для зниження рівня викиду оксиду сірки. Для стабілізації водовугільної суспензії безпосередньо перед пальником можливе застосування диспергатора-кавітатора.

У результаті використання вугілля у вигляді ВВП вугілля об'єктивно переходить до розряду екологічно чистих видів палива, що надає йому широкої перспективи використання у багатьох галузях народного господарства країни.

Водовугільне паливо як на стадії виробництва, зберігання і транспортування, так і на стадіях використання є повністю екологічно чистим. Це закладено в основах його виготовлення.

У зв'язку з особливостями процесу його горіння, що відбувається у напіввідновлюваному середовищі, це паливо згорає без викидів з продуктами згорання монооксиду вуглецю, вторинних вуглеводнів, сажі і канцерогенних речовин; при цьому різко скорочуються утворення і викиди мікронних твердих часток (до 80–90 %), оксидів сірки (до 70–85 %) і оксидів азоту (до 80–90 %).

Рівень шкідливих викидів оксидів азоту з продуктами згорання ВВП, як правило, не перевищує 0,08–0,1 г/МДж, що складає 50–60 % від граничного рівня. Рівень утворення оксидів сірки визначається складом ВВП, змістом в елементному балансі палива елементів лужних і лужноземельних металів (Ca, Mg, Na, K), активно зв'язуючи сірку палива в процесі гетерогенних реакцій.

Якщо зміст цих елементів у початковому вугіллі і воді недостатній, то їх вводять у паливо додатково в процесі його виробництва.

У реалізованих композиціях ВВП з несірчастого вугілля рівень викидів оксидів сірки з продуктами згорання, як правило, не перевищує 0,05–0,1 г / МДж, що складає 20–40 % від допустимого рівня цих викидів.

У продуктах згорання палива ВВП не спостерігається присутність часток розміром менше 30 мкм, а зольні агломерати у вигляді порожнистих сферичних ксеносфер діаметром 30–350 мкм досить добре уловлюються звичайними циклонними сепараторами на 99–99,5 %.

У результаті, незважаючи на досить високі вимоги до викидів твердих часток з продуктами згорання, при спалюванні ВВП їх вміст у газах після циклонних сепараторів, як правило, не перевищує 0,02–0,03 г / МДж, що складає 30–50 % від граничного рівня.

У табл. 3 наведено екологічні показники спалювання різних видів палива порівняно з ВВП [8].

Таблиця 3

**Кількість шкідливих речовин, що утворюються
при спалюванні різних видів палива**

Шкідлива речовина	Пиловугільне спалювання	Шарове спалювання вугілля	Мазут	Газ	ВУП
Пил, сажа (г/м ³)	100–300*	До 7 000	2–5	0,5	1**
SO ₂ (мг/м ³)	400–800	До 2 500	400–760	-	До 50
NO _x (мг/м ³)	250–600	До 1 500	150–750	50–200	30–100
CO (мг/м ³)	До 300	До 2 500	До 400	До 10	До 50

Примітки: * – при газоочищенні; ** – при очищенні в градієнтному сепараторі.

Зола після спалювання ВВП є сірим дрібнодисперсним порошком з розмірами часток близько 300 мкм і об'ємною щільністю 300–600 кг/м³.

Кількість неспаленого вугілля в золі складає не більше 3–4 %. Як показали дослідження Кольської філії Академії наук Росії, ця зола може замінювати собою до 18 % цементу при виготовленні бетонних блоків стандартним способом (тобто без зміни стандартної технології). Іншими словами, зола від спалювання ВВП є матеріалом, який може бути використаний для будівельних потреб. У малій теплоенергетиці водовугільне паливо може бути достатньо ефективно використано в котлах малої і середньої паропроодуктивності, особливо в топках шарового спалювання. Агрегати для використання нового виду палива не вимагають істотних конструктивних змін, досить лише встановити нові пальники. Еколого-економічний ефект у цьому випадку може бути дуже значним. Наприклад, переведення на водовугільне паливо трьох міських котельних, укомплектованих котлами ДКВР 10-13 і КЕ 25-14, які працюють на вугільному концентраті марки ДГ, може забезпечити зниження витрати палива на виробництво теплової енергії в 1,3–1,7 раза; вартості

1 Гкал теплової енергії; річної вартості палива більш ніж на 5 млн грн; річного економічного збитку більш ніж на 1,5 млн грн; шкідливих викидів NO_x , SO_2 . Отже, упровадження спалювання водовугільних суспензій в енергетиці дозволить досягти значного економічного й екологічного ефекту. На фоні подорожчання цін на газ питання переведення енергоукомплектування на ВВП стає все більш і більш актуальним, особливо в тих регіонах, де є значні запаси вугілля і вугільні шлами, які утворюються під час видобутку вугілля.

Україна з її Донецьким басейном вбачається дуже перспективним регіоном.

Висновки. За результатами проведеного дослідження обґрунтовано можливість вироблення з добутого вугілля палива із властивостями, достатніми для його використання в газомазутних котлах без їх реконструкції. Упровадження спалювання водовугільних суспензій у теплоенергетиці дозволить досягти значного економічного й екологічного ефекту.

Перспективи подальших розвідок у даному напрямі вбачаються в еколого-економічному дослідженні використання як альтернативного енергоносія поновлюваного джерела – деревного палива.

Список використаної літератури

1. Делягин Г. Н. Экологически чистое топливо ЭКОВУТ – путь резкого улучшения экологической ситуации в энергетике России : материалы международной научно-практической конференции “Экология энергетики 2000” / Г. Н. Делягин. – М.: Издательство МЭИ, 2000. – С. 320–323.
2. Искусственное композиционное жидкое топливо из угля и эффективность его использования / Ю. В. Овчинников, С. В. Луценко [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.phpid=624
3. Кавитационные технологии для приготовления жидкого угля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://liquidcoal.ru>
4. Морозов А. С. Украинские ТЭЦ можно перевести на жидкий уголь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ekonomikc.lb.ua/Tech_state/2012/01/17/132166

5. Блінніков Г. П. Прикладна екологія та екологічні аспекти діяльності органів охорони державного кордону : навчальний посібник / Г. П. Блінніков, В. М. Шевчук, Л. С. Дацюк. – Хмельницький : Видавництво Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького, 2009. – 316 с.

6. Renewables Information 2010. [http://www.ukrstat.gov.ua/EU energy and transport in figures, 2010](http://www.ukrstat.gov.ua/EU_energy_and_transport_in_figures,2010).

7. Жидкий уголь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.strt.ru/material.aspx.catalogid=222>

8. Дужих С. А. Анализ экологической и экономической эффективности применения водоугольного топлива в теплоэнергетике / С. А. Дужих, А. Г. Морозов, А. Д. Маркин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.masters.donntu.edu.ua/m2013/fmf/duzikh/library/article3.pdf>

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент Мул Д. А.

Стаття надійшла до редакції 06.10.2014.

Блинников Г. П., Дацюк Л. С. Пути улучшения экологической ситуации в энергетике Украины

В работе обоснованы возможности выработки из добытого угля топлива со свойствами, достаточными для его использования в газомазутных котлах без их реконструкции. Внедрение сжигания водоугольных суспензий в теплоэнергетике позволит добиться значительного экономического и экологического эффекта. Водоугольное топливо как на стадии производства, хранения и транспортировки, так и на стадиях использования является полностью экологически чистым.

Ключевые слова: водоугольное топливо, уголь, мазут, газ, вредное вещество, экологический показатель.

Blinnikov G. P., Dacuk L. S. The ways of improvement of the environmental situation in the energy sector of Ukraine

In a prospect reduction of booty of oil and decline is 2020 to expected to 4–6 % part of fuel oil in fuel balance of the thermo-energetic systems (TES). An of task of diminishing to the cost of fuel on TES of at providing of observance of ecological requirements at the production of energy is

one of near-term, the decision of which requires present time. By of the basic way of reduction of consumption of gaseous masout fuel for TES, there is making from mine coal fuel with properties, sufficient for his use in gaseous masout caldrons, not reconstructing them. For of coal energy fundamentally important transition from direct incineration of coal in fire-box devices to preparation from coal of different quality (including from wastes of of вуглезбагачення) of water-coal fuel(WCF). Fuel of of WCF of both on the stage of production, storage and transporting and on the stages of the use is fully ecologically a clean fuel. It of is stopped up in bases of his preparation. In of connection with the features of process of his burning, this fuel burns without extrass with foods of combustion of monooxide of carbon, secondary hydrocarbons, soot and carcinogenic substances; thus sharply education and extrass of micronic hard parts (to 80–90 %), oxides of sulphur (to 70–85 %) and oxides of nitrogen (to 80–90 %) grow short.

The of level of harmful extrass of oxides of nitrogen with foods of combustion of of WCF, as a rule, does not exceed 0,08–0,1 gs/of of MJ, that folds 50–60 % from maximum to the level. In of the realized compositions of of WCF of from not sulphureous coal the level of extrass of oxides of sulphur with foods of combustion, as a rule, does not exceed 0,05–0,1 gs / of of MJ, that folds 20–40 % from the possible level of these extrass.

Keywords: *water-coal fuel, coal, fuel oil, gas, harmful substance, ecological index.*