

УДК 622.794

**В.С. БІЛЕЦЬКИЙ**, д-р техн. наук

(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка),

**П.В. СЕРГЄВ**, д-р техн. наук

(Україна, Донецьк, Донецький національний технічний університет)

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА

*Постановка проблеми та стан її дослідження.* Проблема одержання і використання водо-вугільного палива (ВВП) як альтернативного сьогодні активно розробляється і в ряді країн (зокрема, Китай, Японія) знайшла своє вирішення і практичне застосування. Зауважимо, що в Україні, Росії, США та ін. країнах ще в кінці ХХ ст. розроблені технології одержання ВВП. Сьогодні триває процес їх вдосконалення, промислових апробацій. Технологія ВВП дозволяє одержувати стійке транспортабельне водо-вугільне паливо (ВВП), яке може спалюватись в топках котлів без попереднього зневоднення. Крім того, ця технологія відрізняється суттєво більшою екологічною чистотою [1-7].

Зауважимо, що водо-вугільне паливо – це висококонцентрована водовугільна суспензія, що являє собою вельми складний об'єкт. ВВП характеризується багатьма фізико-хімічними факторами, що визначають його агрегативну і седиментаційну стійкість та реологічні властивості. Їх незнання, нехтування можуть викликати масштабні аварії – аналогічно тій, яка мала місце на вуглепроводі "Белово-Новосибірськ" у Росії і в результаті що призвела врешті-решт до відмови від цього магістрального вуглепроводу та згорання на певний час робіт у цьому перспективному напрямку вугільно-паливних технологій [8].

*Метою* цієї роботи є вдосконалення технології приготування водо-вугільного палива.

*Виклад основного матеріалу.* В останні роки встановлено, що високу стабільність і текучість висококонцентрованих водо-вугільних суспензій обумовлюють їх тиксотропні властивості. Зокрема, в умовах турбулентних потоків обернена тиксотропна відновлюваність забезпечується, згідно теорії ДЛФО, коагуляцією дисперсної твердої фази суспензії у положенні так званої "другої потенційної ями" на кривих "сумарна енергія взаємодії ( $E_c$ ) – відстань між частинками ( $h$ )". Аналіз показує, що згідно цієї ж теорії незворотна коагуляція ВВП може мати місце у "першій потенційній ямі" зазначених кривих [9, 10]. Нами встановлено, що останнє явище практично відсутнє при потенціалі вугільної поверхні більше 50 мВ. [10, 11]. Однак, до сьогодні немає технічних рішень, які б використовували контроль і регулювання потенціалу вугільної поверхні частинок, що складають тверду фазу ВВП з метою забезпечення високих експлуатаційних характеристик цього палива.

У загальному випадку технологія одержання ВВП передбачає збагачення вугілля, послідовне дроблення і подрібнення збагаченого вугілля до крупності

**Збагачення корисних копалин, 2017. – Вип. 65(106)**

---

## **Загальні питання технологій збагачення**

0-100 (200-250) мкм, гомогенізацію суспензії з пластифікаторами. Великої ваги надають гранулометричному складу вугілля і його зольності, а також підбору і витратам пластифікатора.

Саме ці головні акценти зроблені у відомих технічних рішеннях по ВВП, і саме ці операції передбачені у відомих технологіях приготування ВВП: "**Reocarb**" (Італія, СРСР), "**Carbogel**" (Швеція, Канада), "**Co-Al**" (Великобританія), "**Fluidcarbon**" (Швеція), "**Densecoal**" (Німеччина) та ін. [2].

Отже, при підготовці ВВП у водо-вугільну суміш додають близько 1% (за масою) пластифікатора, який зменшує в'язкість висококонцентрованої водо-вугільної суспензії. Механізм дії пластифікаторів може бути різний. По-перше, вони можуть впливати на електрокінетичні характеристики вугільної частинки, по-друге, пластифікація водо-мінеральних сумішей може бути досягнута і за рахунок стеричних ефектів ("розсування" молекул та їх агрегатів, переформатування молекулами пластифікатора водних шарів на поверхні твердого тіла) [12]. Тому при підготовці водо-вугільного палива недостатньо подавати тільки один реагент-пластифікатор.

При підготовці ВВП необхідно додатково подавати реагент-регулятор дзета-потенціалу вугільної поверхні, з метою підтримки його на встановленому нами раціональному рівні 50 мВ і вище. Це убезпечує від незворотної коагуляції ВВП у "першій потенційній ямі" на кривих "сумарна енергія взаємодії ( $E_c$ ) – відстань між частинками ( $h$ )" і дозволяє підвищити седиментаційну стабільність водо-вугільної суспензії.

Варіант схеми реалізації цього рішення представлено на рисунку. За базову взята традиційна технологія приготування ВВП наведена в [13].

В якості реагента-регулятора дзета-потенціалу вугільної поверхні можуть бути застосовані водорозчинні електроліти двох типів – індіферентні і неіндіферентні. Перші забезпечують зміну дзета-потенціалу за рахунок стиску подвійного електричного шару (ПЕШ) на вугільній поверхні. Це відбувається за рахунок переміщення протийонів дифузної частини ПЕШ в адсорбційний шар (внутрішню обкладку ПЕШ). Другі мають у своїй структурі йон, який спроможний адсорбуватися на твердій поверхні вугільного зерна. При малих концентраціях цього електроліту спостерігається збільшення дзета-потенціалу частинок за рахунок загального росту всього потенціалу поверхні. При більш високих концентраціях спостерігається зниження дзета-потенціалу за рахунок стиску ПЕШ.

Такий механізм дії реагентів-регуляторів дзета-потенціалу показує переваги використання у системах автоматичного регулювання (САР) індіферентних електролітів.

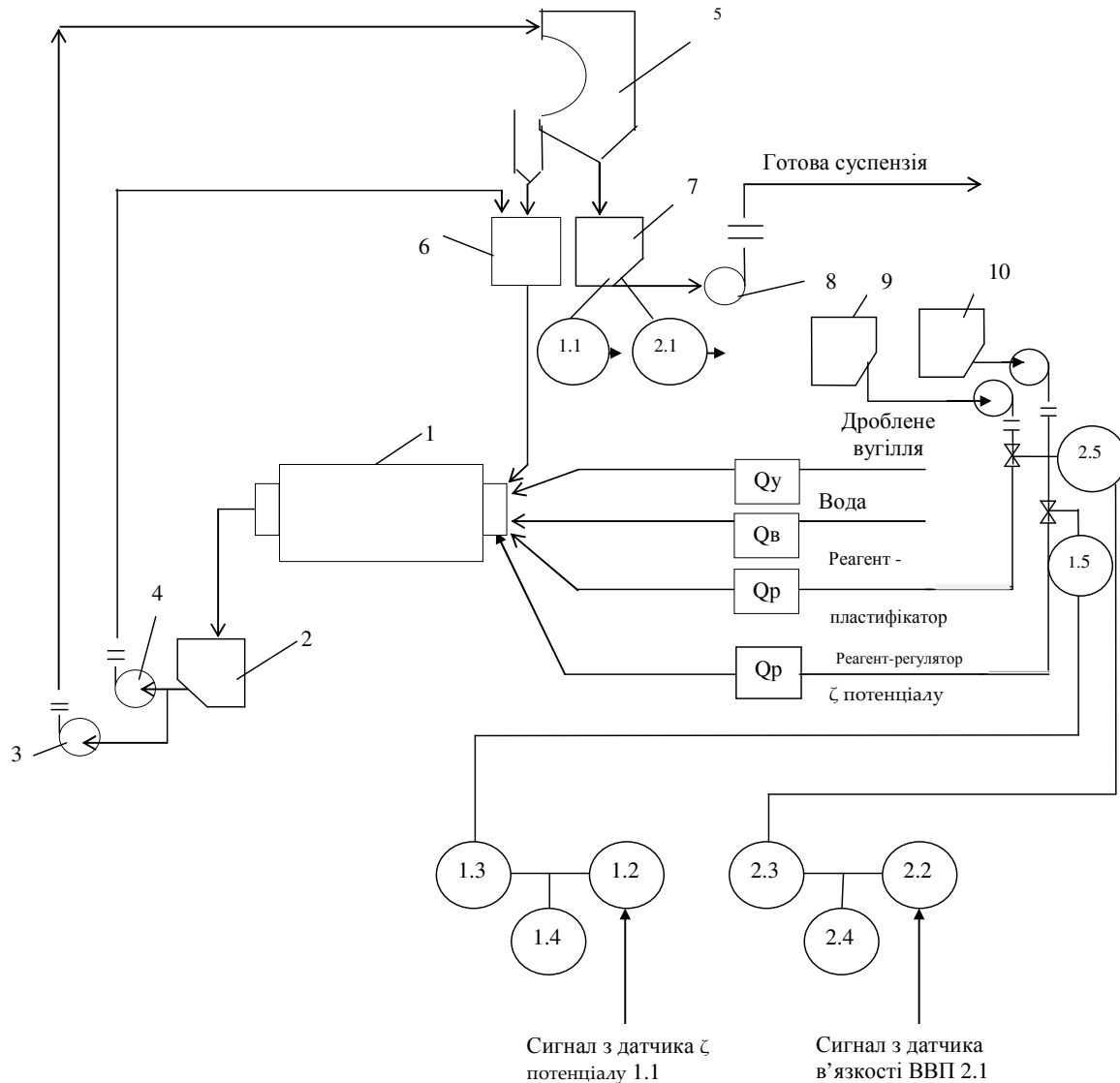


Схема технологічного процесу одержання ВВП і контури САР для його регулювання:

- 1 – кульовий млин; 2 – зумпф ВВП; 3, 4, 8 – насоси; 5 – пристрій для класифікації;  
 6 – змішувач; 7 – зумпф готової суспензії; 9 – бак реагенту-пластифікатора;  
 10 – бак реагенту-регулятора  $\zeta$  потенціалу;  $Q_i$  – витрати води і реагентів;  
 1.1, 2.1 – датчики  $\zeta$ -потенціалу і в'язкості ВВП

В подальших дослідженнях доцільно розглянути вплив реагента-регулятора дзета-потенціалу вугільної поверхні на технологічні характеристики висококонцентрованої водо-вугільної суспензії як об'єкта дальнього магістрального гідравлічного транспорту [14], на основі планованого експерименту одержати модель процесу приготування водо вугільної суспензії і розрахувати параметри САР процесу з подачею реагента-пластифікатора і реагента-регулятора дзета-потенціалу [15]. Крім того, доцільно встановити особливості приготування висококонцентрованої водо-вугільної суспензії, зокрема із засто-

## **Загальні питання технологій збагачення**

---

суванням реагента-пластифікатора і реагента-регулятора дзета-потенціалу при використанні в якості вихідного "підсоленого" (зі збільшеним вмістом солей NaCl, KCl) енергетичного вугілля Західного Донбасу [16].

### *Висновки*

1. Проаналізовано проблему технології приготування водовугільного палива (ВВП). Показано, що крім традиційного реагента-пластифікатора доцільно використовувати реагент-регулятор дзета потенціалу вугільної поверхні.

2. Запропонована принципова схема автоматичного регулювання технології приготування ВВП, яка включає два контури:

- регулювання в'язкості ВВП подачею реагента-пластифікатора;
- регулювання дзета-потенціалу вугільної поверхні подачею індиферентних електролітів.

3. Сформульовані перспективні напрямки подальших досліджень технології приготування висококонцентрованої водо-вугільної суспензії, зокрема із застосуванням в якості вихідного малометаморфізованого вугілля Західного Донбасу.

### **Список літератури**

1. Делягин Г.Н. Водугольные суспензии – новый вид энергетического топлива // Строительство трубопроводов. – 1989. – № 8. – С. 9-12.

2. Круть О.А. Водовугільне паливо. – К.: Наукова думка, 2002. – 172 с.

3. Bradish Thomas J. et al. Utility Applications for Coal-Water Slurry Cofiring // The Proceedings of the 20th International Conference on Coal Utilization & Fuel Systems.-March. 1995.-Clearwater, Florida, USA.–P. 523-534.

4. Трубецкой К.Н. и др. Проблемы внедрения водугольного топлива в России // Уголь. – №9. –2004. – С. 41-47.

5. S.O. Bird. Coal in Water: Fuel of the Future? // Virginia Minerals. – 1986. – Vol. 32. – P. 21-29.

6. Louis Wibberley. Efficient use of Coal Water Fuels // Technology Report. – Australia, 2008. – 100 p.

7. Basta Nicholas, Moore Stephen, Gerald Ondrey. Coal Slurries: an environmental Bonus? // Chemical Engineering. – 1994. – May.

8. Современное топливо для энергетики. Электронный ресурс [Режим доступа]: <http://vodougol.ru/ru/belovo-novosibirsk>

9. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. – М.: Химия, 1980. – 320 с.

10. Круть О.А., Білецький В.С., Сергеев П.В. Аналіз енергетичного стану твердої фази водовугільної суспензії з позиції ДЛФО // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2006. – Вип. 25(66). – С. 14-20.

11. Круть О.А., Білецький В.С., Сергеев П. В. Фізико-хімічні аспекти технології водовугільного палива // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 43(84). – С. 98-106.

12. Юхневский П.И. О механизме пластификации цементных композиций добавками // Строительная наука и техника: научно-технический журнал. – 2010. – № 1-2. – С. 64-69.

13. Мурко В.И. Физико-технические свойства водугольного топлива. – ГУ КузГТУ, Кемерово. – 2009. – 195 с.

## **Загальні питання технологій збагачення**

---

14. Світлий Ю.Г., Білецький В.С. Гідравлічний транспорт. – Донецьк: Сх. вид. дім, 2009. – 436 с.

15. Папушин Ю.Л., Білецький В.С. Основи автоматизації гірничого виробництва: Курс лекцій. – Донецьк: Сх. вид. дім, 2007. – 168 с.

16. Білецький В.С. Проблема переробки солоного вугілля // Праці Наук. т-ва ім. Шевченка. Т.Х : Хемія та біохемія. – Л., 2003. – С. 205-227.

© Білецький В.С., Сергеев П.В., 2017

*Надійшла до редколегії 15.01.2017 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*