

**СПОСІБ ОТРИМАННЯ ВОДОВУГІЛЬНОЇ СУСПЕНЗІЇ ТА
ТЕПЛОМАСООБМІННЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

О. М. Ободович, доктор технічних наук, зав. відділом

Інститут технічної теплофізики НАН України

E-mail: tdsittf@ukr.net

В. Г. Горобець, доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: gorobetsv@ukr.net

В. В. Сидоренко, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

E-mail: vrangel08@i.ua

*К. Є. Чернявський, кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник*

E-mail: tdsittf@ukr.net

О. Є. Степанова, кандидат технічних наук

E-mail: super-olesya2807@ukr.net

Інститут технічної теплофізики НАН України

Анотація. Проведений аналіз способів та обладнання для отримання водовугільних суспензій. Метою дослідження є підвищенні якості одержуваної суспензії за рахунок більш ефективного подрібнення та збільшення кількості її твердої складової. Розроблено тепломасообмінне обладнання, за допомогою якого можна досягти підвищення ефективності гідродарної дії за рахунок збільшення частоти пульсацій при отриманні водовугільних суспензій. Застосування водовугільних суспензій як енергетичного палива дозволяє підвищити техніко-економічні та екологічні показники енергетичних установок. Так, під час переведення на водовугільне паливо котла вдалося збільшити теплову потужність котла з 13,2 до 21,1 МВт при заміні 70 % вугілля водовугільним паливом.

Нині існують різні способи та обладнання для приготування водовугільної суспензії. Однак усі вони мають певні недоліки. Основними недоліками способу отримання водовугільних суспензій є багатостадійність, металоємність, складність монтажу та запуску в роботу, великі енергетичні витрати, а отримана суспензія має недостатньо високу якість. Також недоліками є обмежена частота гідродарних імпульсів при обробці за один цикл, що недостатня для приготування висококонцентрованих суспензій, які відповідають вимогам до рідкого композиційного палива, призначеного для прямого спалювання.

Для підвищення якості одержуваної суспензії за рахунок більш ефективного подрібнення та збільшення кількості її твердої складової було розроблено тепломасообмінне обладнання, за допомогою якого можна досягти підвищення ефективності гідродударної дії за рахунок збільшення частоти пульсацій при отриманні водовугільної суспензії.

В якості тепломасообмінного обладнання були використані роторно-пульсаційні апарати (РПА), що працюють за методом дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ).

Метод ДІВЕ передбачає створення великої кількості рівномірно розподілених у воді робочих органів або робочих елементів, які трансформують стаціонарну теплову, механічну або іншу види енергії в енергетично потужні імпульси, дискретні в часі і просторі.

Ключові слова: *водовугільна суспензія, роторно-пульсаційний апарат, дискретно-імпульсне введення енергії, тепломасообмінне обладнання, композиційне паливо*

Актуальність. Водовугільна суспензія (ВВС) – вид палива, що отримується шляхом штучного обводнення дрібнорозмеленого вугілля із вмістом твердої фракції від 45 до 75 %. ВВС, приготовані з вугілля будь-яких марок або їх комбінацій, в окремих випадках із включенням до складу хімічних добавок – поверхнево активних речовин (ПАР) і пластифікаторів мають прийнятну в'язкість (плинність), що обумовлено вимогами при трубопровідному транспортуванні, русі в паливному тракті та пальниковому пристрої, високому ступені агрегативної та седиментаційної стійкості при зберіганні в акумулюючих ємностях для створення нормованого запасу палива на місці виробництва та застосування, достатньою теплоцінністю та реакційною активністю для стійкого прямого спалювання в топці.

Застосування ВВС як енергетичного палива дозволяє підвищити техніко-економічні та екологічні показники енергетичних установок. Так, під час переведення на водовугільне паливо котла КВТС-20 вдалося збільшити теплову потужність котла з 13,2 до 21,1 МВт при заміні 70 % вугілля водовугільним паливом. При цьому ККД котла підвищився з 78,8 до 84,0 %.

Внаслідок використання ВВС зафіксовано зниження виходу шлаку в 1,7-2,0 рази та зменшення горючих у шлаку з 35-38 до 13-15 % [1, 2].

Нині існують різні способи та обладнання для приготування ВВС. Однак усі вони мають певні недоліки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомий спосіб отримання водовугільної суспензії з бурого вугілля [3], що включає подачу вихідного вугілля в дробарку великого дроблення, потім в конусну дробарку дрібного дроблення, після чого вугілля направляють в кульовий млин першого ступеня помелу з водою, а потім насосом суспензію подають в млин другої стадії помелу. Отриману суспензію через ємність з мішалкою закачують насосом в корекційний басейн для зберігання. Цей спосіб багатостадійний, металоємний, вимагає великих енергетичних витрат, і отримана суспензія має недостатньо високу якість.

Також існує спосіб отримання водовугільної суспензії [4], що включає дозовану подачу попередньо подрібнених до максимального розміру твердих частинок ВВС до 8 мм на змішування з водою в гомогенізаторну, а потім в циркуляційну ємності. Отриману суспензію подають до роторного гідроударного апарату, в якому тонке подрібнення проводять генерацією імпульсів з частотою резонансного розриву частинок. Недоліком цього способу є обмежена частота гідроударних імпульсів при обробці за один цикл, що недостатня для приготування висококонцентрованих суспензій, які відповідають вимогам до рідкого композиційного палива, призначеного для прямого спалювання.

Відомий спосіб приготування ВВС у стрижневих млинах [5], що включає дозовану подачу складових компонентів на подрібнення та перемішування в репульпаторі. Недоліками способу є велика метало- та енергоємність виробництва, складність монтажу та запуску в роботу.

Найбільш близьким за технічною сутністю і отриманому результату є роторний диспергатор гідроударної дії, що включає систему трубок змінного перерізу – дифузорів, розташованих рівномірно по колу циліндричного ротора, конфузорів, утворених в циліндричному статорі, що концентрично охоплює ротор і робочу камеру [6]. Недоліком роторного диспергатора є обмежена частота гідроударних імпульсів.

Інший спосіб отримання ВВС [7] включає дозовану подачу попередньо подрібнених до грубого помелу твердих складових компонентів на змішування з рідкими компонентами (водою з домішками) і подальше тонке подрібнення в

рідкому середовищі в пристрої гідродударної дії, при цьому тонке подрібнення проводять багаторазово за один прохід у кількох секціях пристрою гідродударної дії. Основним недоліком відомого способу є низька якість палива за рахунок відсутності демінералізації, що робить паливо екологічно небезпечним, особливо для міст та селищ неблагополучних за екологією, наприклад, через низьку турбулентність атмосфери, рози вітрів тощо. Крім того, наявність у паливі частинок з розміром до 100 мкм не дозволяє його використовувати як універсальне паливо.

Запатентований спосіб отримання ВВС включає механічне подрібнення твердого компонента, активаційну кавітаційну обробку рідкого компонента і змішування в реакторі-змішувачі подрібнених частинок твердого компонента з активованим рідким компонентом до утворення рідко-дисперсної суміші та видалення з неї мінеральної частини твердого компонента [8]. Спосіб дозволяє:

- досягти високої гомогенності палива за рахунок використання реактора-змішувача;
- активізувати в процесі приготування суспензії тверду та рідку фазу, що значно підвищує якість палива;
- видалити із суспензії мінеральну частину твердого компонента, що значно підвищує якість палива та його екологічні аспекти застосування.

Основним недоліком відомого способу є великий розмір частинок у кінцевому продукті – 25...30 мкм, що обмежує застосування палива у газових турбінах та позбавляє паливо універсальності.

Мета дослідження – підвищенні якості одержуваної суспензії за рахунок більш ефективного подрібнення та збільшення кількості її твердої складової.

Для досягнення поставленої мети розроблено тепломасообмінне обладнання, за допомогою якого можна досягти підвищення ефективності гідродударної дії за рахунок збільшення частоти пульсацій при отриманні ВВС.

Матеріали і методи дослідження. В якості тепломасообмінного обладнання були використані роторно-пульсаційні апарати (РПА), що працюють за методом дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ).

Порядок проведення дослідження.

Метод ДІВЕ передбачає створення великої кількості рівномірно розподілених у воді робочих органів або робочих елементів, які трансформують стаціонарну теплову, механічну або іншу види енергії в енергетично потужні імпульси, дискретні в часі і просторі. Ударні та ультразвукові хвилі, які супроводжують ці явища, міжфазна турбулентність, акустична та гідродинамічна кавітація, проникні кумулятивні мікрострумені, вихори спричиняють на міжфазних поверхнях нестійкості типу Релея-Тейлора або Кельвіна-Гельмгольца, що призводить до інтенсифікації диспергування, значного збільшення сумарної поверхні контакту фаз і посиленню процесів масо- і теплопереносу.

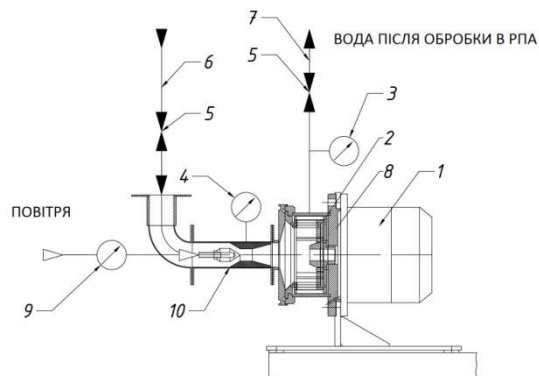


Рис. 1. Схема роторно-пульсаційного апарату:

1 – електродвигун; 2 – роторно-пульсаційний вузол; 3 – манометр для вимірювання тиску на виході з роторно-пульсаційного вузла; 4 – вакуумметр для вимірювання розрідження у входному патрубку; 5 – двоходовий кран; 6 – приймальний трубопровід; 7 – випускний трубопровід; 8 – корпус РПА; 9 – ротаметр; 10 – ежекторний вузол

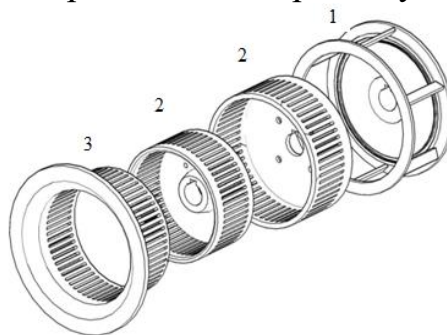


Рис. 2. Робочі органи роторно-пульсаційного вузла:

1 – робоче колесо відцентрового насоса; 2 – ротор; 3 – статор

Механізми ДІВЕ були теоретично досліджені в роботах [9-11], а технологічні та інженерні доповнення цього метода представлені в роботах [12-14] і узагальнені [15-16].

Схема роторно-пульсаційного апарата (РПА) представлена на рис. 1, а робочі органи – на рис. 2.

Роторно-пульсаційний вузол апарата складається з двох роторів, що з'єднані гвинтами в єдиний роторний вузол, статора та робочого колеса відцентрового насоса (крильчатки).

Ротори виконані з такими конструктивними параметрами: внутрішній радіус малого ротора – 56 мм, великий ротор – 66 мм, ширина прорізів – 3,0 мм, кут між прорізами в обичайках – 6° , висота прорізів – 5 мм, кількість прорізів прямокутної форми – 60, діапазон зміни зазору між роторами і статором – 0,3...0,5 мм. Конструкторські параметри ротора такі: радіус – 61 мм, ширина прорізів – 3,0 мм, висота прорізів – 5 мм, кількість прорізів прямокутної форми – 60.

Корпус РПА змонтований на фланці корпуса електродвигуна через з'єднувальний фланець. На вільний кінець валу, що має зовнішнє різьблення, через шпонкове з'єднання встановлено роторний вузол з подальшою фіксацією гайкою. Герметичність з'єднання валу двигуна з корпусом РПА забезпечували манжетою.

Апаратно-технологічна схема РПА представлена на рис. 3, фотографія роторно-пульсаційної установки – на рис. 4.

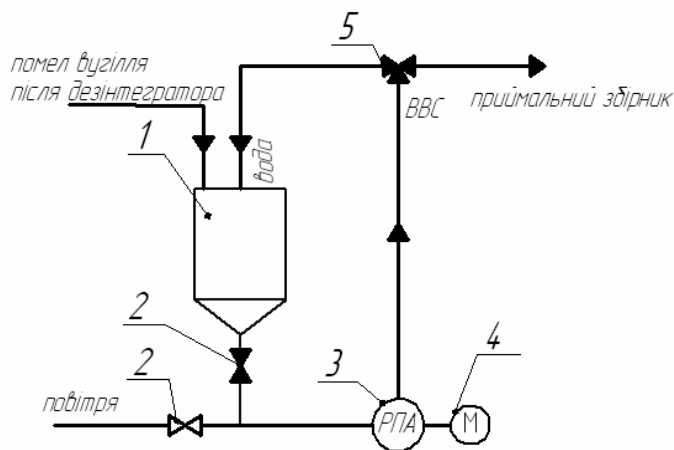


Рис. 3. Апаратно-технологічна схема роторно-пульсаційного апарата:
1 – приймальний бункер; 2 – двоходовий кран; 3 – РПА; 4 – електродвигун; 5 – триходовий кран



Рис. 4. Загальний вигляд роторно-пульсаційної установки

Спосіб отримання ВВС полягає у наступному. Спочатку виконують попереднє подрібнення вугілля в дезінтеграторі, що містить корпус з вхідним і вихідним патрубками, два робочі органи у вигляді дисків протиточного обертання, на яких концентричними рядами розміщені подрібнюючі елементи, звернені один до одного, і ряди одного диска розміщені між рядами іншого. При цьому в основі вхідного патрубка на валу одного з дисків введений шнек, що допомагає подрібнювати вихідні матеріали будь-якої вологості. Максимальний розмір частинок вугілля після подрібнення в дезінтеграторі становить не більше 1000 мкм.

На другому етапі отримання ВВС використовують РПА. Для цього в приймальний бункер РПА 1 наливають воду і додають подрібнене вугілля до вмісту твердої складової в розчині 50-70 %. Отриману суміш перемішують у бункері за рахунок пропелерної мішалки. Потім відкривають двоходовий кран 2 і включають РПА 3, який одночасно є відцентровим насосом. Таким чином, водовугільна суміш циркулює контуром: приймальний бункер-РПА-приймальний бункер.

При обробці водовугільної суміші в РПА одночасно відбувається п'ять процесів: диспергування, розчинення, перемішування, гомогенізація, нагрівання. Проходячи крізь робочі органи РПА суміш піддається дії механізмів, описаних вище. При обробці суміші в РПА змінювали частоту пульсацій потоку від 5,0 до 7,0 кГц. Суміш обробляли в стільки циклів, щоб розмір частинок вугілля в готовій ВВС

був не більш ніж 3 мкм. Це пояснюється тим, що при такому розмірі частинок ВВС є однорідною гомогенною масою, що не розшаровується в часі.

На першому етапі досліджень брали помел вугілля після дезінтегратора (розмір не більше 1000 мкм), змішували з водою до вмісту твердої фази 50 % та оброблювали в РПА при частоті пульсацій потоку 5,0-7,0 кГц за 1-15 циклів до отримання ВВС з розміром частинок не більше 3 мкм. Данні досліджень представлені в таблиці 1.

Результати досліджень та їх обговорення. Отримані дані свідчать про те, що для досягнення розміру частинок ВВС 3 мкм суміш вугілля та води необхідно оброблювати в РПА протягом 10 циклів при частоті пульсацій 7,0 кГц. Збільшення обробки з 10 до 15 циклів практично не впливає на розмір частинок. Зниження частоти пульсацій до 6,0-5,0 кГц не дозволяє досягнути необхідного розміру частинок (не більше 3 мкм) навіть при обробці за 15 циклів.

1. Залежність розмірів частинок ВВС від швидкості пульсацій потоку та кількості циклів обробки в РПА

Кількість циклів обробки, n, од.	Максимальний розмір частинок вугілля, d_{\max} (мкм) при частоті пульсацій, кГц		
	5,0	6,0	7,0
0	1000	1000	1000
1	670	615	575
2	430	405	375
3	265	210	160
4	110	90	75
5	55	45	30
6	30	20	15
7	17	13	9
8	14	9	5
9	10	6	4
10	9	5	3
11	9	5	3
12	9	5	3
13	9	5	3
14	9	4	2
15	8	4	2

Таким чином показано, що обробку водовугільної суміші з вмістом твердої фази 50 % доцільно проводити в РПА з частотою пульсацій потоку 7,0 кГц за 10

циклів. При цьому отримується ВВС з максимальним розміром частинок вугілля не більше 3 мкм.

Подальші дослідження проводили при обробці суміші в РПА з постійної частотою пульсацій 7,0 кГц. При цьому вміст твердої фази в суміші "вугілля-вода" становило: 50, 60, 70 %. Кількість циклів обробки змінювалось від 1 до 15. Дані експериментів представлені в таблиці 2.

Зі збільшенням вмісту твердої фази в суміші зростає її в'язкість, що сприяє збільшенню енергетично потужних імпульсів, дискретних у часі та просторі, ударних та ультразвукових хвиль, акустичної та гідродинамічної кавітації. Це призводить до інтенсифікації диспергування твердої фази. Тому, при вмісті твердої фази в суміші 70 % і частоті пульсацій потоку 7,0 кГц кількість циклів обробки до досягнення частинок вугілля не більше 3 мкм становить 7 циклів. Подальша обробка суміші в РПА мало впливає на розмір частинок, лише збільшує енерговитрати.

2. Залежність розмірів частинок ВВС від вмісту твердої фази та кількості циклів обробки в РПА

Кількість циклів обробки, n, од.	Максимальний розмір частинок вугілля, d_{\max} (мкм) при вмісті твердої фази, %		
	50	60	70
0	1000	1000	1000
1	575	505	465
2	375	320	280
3	160	115	85
4	75	60	50
5	30	20	15
6	15	9	4
7	9	5	3
8	5	4	3
9	4	3	3
10	3	3	2
11	3	2	2
12	3	2	2
13	3	2	1
14	2	1	1
15	2	1	1

Збільшення твердої фази більше 70 % підвищує в'язкість суміші, що ускладнює роботу РПА як відцентрового насоса, що її перекачує. Встановлено, що для отримання ВВС з розміром частинок не більше 3 мкм обробку суміші вугілля та

води в РПА доцільно проводити при вмісті твердої фази 70 %, частоті пульсацій потоку 7,0 кГц за 7 циклів.

При проведенні досліджень було вивчено залежність продуктивності РПА від вмісту твердої фази в розчині (рис. 5).

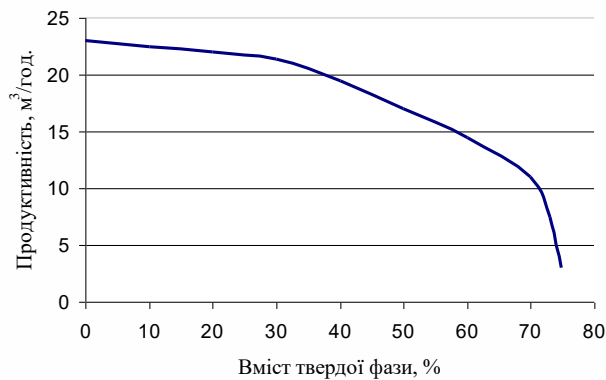


Рис. 5. Залежність продуктивності РПА від вмісту твердої фази в розчині

Продуктивність РПА на воді (без твердої фази) становить 23 м³/год. З додаванням твердої фази продуктивність знижується. На ділянці від 0 до 20 % твердої фази суміш не в'язка і має гарну плинність. Тому продуктивність практично не змінюється. Зі збільшенням твердої фази до 50 % продуктивність знижується до 17 м³/год, 60 % – 14 м³/год, 70 % – 11 м³/год. Після збільшення вмісту твердої фази до 70 % в'язкість розчину досягає більше 3,0 Па·с, що не тільки різко знижує продуктивність, але і ускладнює роботу РПА з перекачування ВВС.

Аналіз різних конструкцій та апаратів, використаних для отримання ВВС за низкою технологічних та експлуатаційних показників показує, що переважно для їх отримання доцільно використовувати механізм кавітаційного впливу, що реалізується в РПА (табл. 3). Різні за виконанням, ефективності, призначенню та області застосування ці пристрої розглянуті в оглядах робіт [17-19].

3. Порівняльні характеристики різних змішувачів та РПА

Тип змішувача	Продуктивність, м³/год.	Питома металоємність, кг·год./м³	Питомі енерговитрати, кВт·год./ м³	Максимальний діаметр частинок d _{max} , мкм
Швидкохідні вертикальні	0,3-0,38	1,5	18-24	150
Гідродинамічні ультразвукові	0,8	0,1	3-12	70
Апарати	2,0-6,0	0,15	0,6-1,8	30

вихрового шару				
Кавітаційні динамічні	0,6	0,1-0,15	6-19	25
Суперкавітуючі динамічні	20	0,1-0,15	0,275	15
Турбулентні статичні	1,8-2,25	0,01-0,04	1,3-5,6	60
Суперкавітуючі статичні	20-120	0,01	0,12	15
РПА	11	0,01	0,1	3

Практично за всіма показникам таблиці 3 РПА перевершує інші типи змішувачів.

Висновки та перспективи. Вплив механізмів ДІВЕ, які здійснюються при приготуванні ВВС в РПА, призводять до механохімічної деструкції вугільних частинок з розривом хімічних зв'язків та утворенням нових поверхонь розділу фаз. Найбільш ймовірний розрив у бічних ланцюгах макромолекул вугільної речовини з утворенням вільних радикалів, що мають підвищену реакційну здатність, у тому числі відносно і до дисперсного середовища (води). Активний контакт вугільних частинок із водою веде до гідродинамічної деструкції вугілля.

Процеси механохімічної та гідродинамічної деструкції інтенсифікують іонообмінні реакції на межі "вугілля-вода", що призводить до зростання електричного та дзета-потенціалу поверхні з водою, тобто ступеня її гідратації. Дрібні частинки утворюють просторову структуру навколо більших частинок вугілля, перешкоджаючи седиментації останніх. Встановлено, що для створення однорідної гомогенної маси, що перешаровується в часі, необхідний розмір частинок ВВС не більше 3 мкм. Для цієї мети найбільш доцільно використовувати РПА, в якому обробляється суміш вугілля та води з вмістом твердої фази 70 % протягом 7 циклів з частотою пульсацій потоку 7,0 кГц.

Список використаних джерел

1. Мурко В.И. Научные основы получения и эффективного применения водоугольных суспензий: дис. ... д-ра техн. наук. М., 1999. 48 с.
2. Мурко В.И. Результаты опытно-промышленных работ по приготовлению и сжиганию водоугольного топлива на шахте "Тырганская". Уголь, 2002. № 12. С. 11-12.

3. Демидов Ю.В. и др. Опытнo-промышленное получение ВУС из углей Березовского разреза Канско-Ачинского бассейна. Уголь, 1993, декабрь. С. 42-43.
4. Патент РФ 2138335, В02С19/00. Способ приготовления водоугольной суспензии и роторный гидроударный аппарат для его осуществления. 27.09.1999, Бюл. № 27.
5. А.с. SU 1395654, С10L1/32. Способ получения водобуроугольной суспензии. 03.06.1986, Бюл. № 18.
6. А.с. SU 1586759, В01F7/12. Роторный аппарат гидроударного действия. 1990.
7. Патент РФ 2185244, В02С 21/00. Способ получения жидкого композиционного топлива. 2002.
8. Патент РФ 2185244, С10L1/32. Способ получения композиционного топлива и установка для его осуществления. 2007.
9. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Теоретическое обоснование принципа дискретно-импульсного ввода энергии. I. Модель динамики одиночного парового пузырька. Промышленная теплотехника, 1995. Т. 17, № 5. С. 3-28.
10. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Теоретическое обоснование принципа дискретно-импульсного ввода энергии. II. Исследование поведения ансамбля паровых пузырьков. Промышленная теплотехника, 1996. Т. 18, № 1. С. 3-20.
11. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Принципы разработки новых энергоресурсосберегающих технологий и оборудования на основе методов дискретно-импульсного ввода энергии // Промышленная теплотехника, 1997. Т. 19, № 4. С. 13-25.
12. Долинский А.А., Басок Б.И., Гулый И.С., Накорчевский А.И., Шурчкова Ю.А. Дискретно-импульсный ввод энергии в технологиях. К.: ИТТФ НАНУ, 1996. 208 с.
13. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. Теплофизические основы дискретно-импульсного ввода энергии. К.: Наукова думка, 2008. 381 с.
14. Долинский А.А. Использование принципа дискретно-импульсного ввода энергии для создания эффективных энергосберегающих технологий. ИФЖ, 1996. Т. 69, № 6. С. 35-43.
15. Басок Б.И., Гартвиг А.П., Коба А.Р. Оборудование для получения и обработки высоковязких дисперсных сред. Промышленная теплотехника, 1996. № 1. С. 50-56.
16. Накорчевский А.И., Басок Б.И., Рыжкова Т.С. Гидродинамика роторно-пульсационных аппаратов. ИФЖ, 2002. Т. 75, № 2. С. 58-68.

References

1. Murko, V.I. (1999). Nauchnyye osnovy polucheniya i effektivnogo primeneniya vodougol'nykh suspenziy [Scientific basis for the production and effective use of water-coal suspensions]: dis. ... d-ra tekhn. nauk. Moscow, 48.
2. Murko, V.I. (2002). [The results of pilot work on the preparation and combustion of coal-water fuel at the mine "Tyrganskaya"]. UGOL' Journal, 12, 11-12.

3. Demidov, YU.V. i dr. (1993). Opytno-promyshlennoye polucheniye VUS iz ugley Berezovskogo razreza Kansko-Achinskogo basseyna [Pilot-industrial production of HCS from coals of the Berezovsky section of the Kansk-Achinsk basin]. UGOL' Journal, December, 42-43.
4. Patent RU 2138335, B02C19/00 (1999). [A method for preparing a water-coal suspension and a rotary hydraulic percussion apparatus for its implementation], 27.
5. Certificate of authorship SU 1395654, C10L1/32 (1986). [Method for obtaining water brown coal suspension], 18.
6. Certificate of authorship SU 1586759, B01F7/12 (1990). [Rotary apparatus of hydropercussion action].
7. Patent RU 2185244, B02C21/00 (2002). [Method for producing liquid composite fuel].
8. Patent RU 2185244, C 10 L 1/32 (2007). [Method for producing composite fuel and installation for its implementation].
9. Dolinskiy, A.A., Ivanitskiy, G.K. (1995). Teoreticheskoye obosnovaniye printsipa diskretno-impul'snogo vvoda energii. I. Model' dinamiki odinochnogo parovogo puzyr'ka [Theoretical substantiation of the principle of discrete-pulse input of energy. I. Model of the dynamics of a single vapor bubble]. Promyshlennaya teplotekhnika [Industrial heating technology], 17, 5, 3-28.
10. Dolinskiy, A.A., Ivanitskiy, G.K. (1996). Teoreticheskoye obosnovaniye printsipa diskretno-impul'snogo vvoda energii. II. Issledovaniye povedeniya ansamblya parovykh puzyr'kov [Theoretical substantiation of the principle of discrete-pulse input of energy. II. Investigation of the Behavior of an Ensemble of Vapor Bubbles]. Promyshlennaya teplotekhnika [Industrial heating technology], 18, 1, 3-20.
11. Dolinskiy, A.A., Ivanitskiy, G.K. (1997). Printsipy razrabotki novykh energoresursosberegayushchikh tekhnologiy i oborudovaniya na osnove metodov diskretno-impul'snogo vvoda energii [Principles for the development of new energy-saving technologies and equipment based on the methods of discrete-pulse energy input]. Promyshlennaya teplotekhnika [Industrial heating technology], 19, 4, 13-25.
12. Dolinskiy, A.A., Basok, B.I., Gulyy, I.S., Nakorchevskiy, A.I., Shurchkova, YU.A. (1996). Diskretno-impul'snyy vvod energii v tekhnologiyakh [Discrete-pulse input of energy in technologies]. – Kyiv.: [ITTF NASU], 208.
13. Dolinskiy, A.A., Ivanitskiy, G.K. (2008). Teplomassoobmen i gidrodinamika v parozhidkostnykh dispersnykh sredakh. Teplofizicheskiye osnovy diskretno-impul'snogo vvoda energii [Heat and mass transfer and hydrodynamics in vapor-liquid dispersed media. Thermophysical foundations of discrete-pulse energy input]. – Kyiv.: Naukova dumka, 381.
14. Dolinskiy, A.A. (1996). Ispol'zovaniye printsipa diskretno-impul'snogo vvoda energii dlya sozdaniya effektivnykh energosberegayushchikh tekhnologiy [Using the principle of discrete-pulse energy input to create efficient energy-saving technologies]. IFZh, 69, 6, 35-43.
15. Basok, B.I., Gartvig, A.P., Koba, A.R. (1996). Oborudovaniye dlya polucheniya i obrabotki vysokovyazkikh dispersnykh sred [Equipment for the production and processing of highly viscous dispersed media]. Promyshlennaya teplotekhnika [Industrial heating technology], 1, 50-56.

16. Nakorchevskiy, A.I., Basok, B.I., Ryzhkova, T.S. (2002). *Gidrodinamika rotornopul'satsionnykh apparatov* [Hydrodynamics of rotary-pulsation devices]. IFZh, 75, 2, 58-68.

Method of obtaining water-coal suspension and heat and mass exchange equipment for its application

O. Obodovich, V. Gorobets, V. Sydorenko, K. Cherniavsky, O. Stepanova

Abstract. *The analysis of methods and equipment for obtaining water-coal suspensions was carried out. The purpose of the research is to improve the quality of the resulting suspension due to more effective grinding and increasing the amount of its solid component. Heat and mass exchange equipment has been developed, with the help of which it is possible to achieve an increase in the efficiency of hydraulic impact due to an increase in the frequency of pulsations when obtaining water-coal suspensions. The use of water-coal suspensions as an energy fuel makes it possible to improve the technical, economic and environmental performance of power plants. Thus, during the conversion of the boiler to water-coal fuel, it was possible to increase the thermal power of the boiler from 13,2 to 21,1 MW when replacing 70 % of coal with water-coal fuel.*

Currently, there are different methods and equipment for the preparation of water-coal suspension. However, they all have certain drawbacks. The main disadvantages of the method of obtaining water-coal suspensions are multi-stage, metal consumption, difficulty of installation and start-up, high energy costs, and the resulting suspension is of insufficiently high quality. Also, the disadvantages are the limited frequency of hydraulic shock pulses during processing in one cycle, which is insufficient for the preparation of highly concentrated suspensions that meet the requirements for liquid composite fuel intended for direct combustion.

In order to improve the quality of the resulting suspension due to more effective grinding and increasing the amount of its solid component, heat and mass exchange equipment was developed, with the help of which it is possible to achieve an increase in the efficiency of the hydraulic impact action due to an increase in the frequency of pulsations during the production of water-coal suspensions.

As heat and mass exchange equipment, rotary pulsation devices (RPD) operating according to the method of discrete-pulse energy input (DPEI) were used.

The DPEI method involves the creation of a large number of working bodies or working elements evenly distributed in the water, which transform stationary thermal, mechanical or other types of energy into energetically powerful pulses, discrete in time and space.

Key words: *water pouring suspension, rotor-pulsation device, discrete-pulse energy input, heat and mass exchange equipment, composite fuel*