

**О.Д. ПОЛУЛЯХ**, д-р техн. наук,

**А.М. БЕРЛІН**, канд. техн. наук, **В.М. КОРНЄЄВА**

(Україна, Дніпропетровськ, ВП "Укрндівуглезбагачення" ДП "НТЦ" "Вуглеінновація")

## **УЗАГАЛЬНЕННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ ДОДАТКОВОГО ОТРИМАННЯ ТОВАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ ВІД ЗБАГАЧЕННЯ ПРОМПРОДУКТУ**

Вибір крупності машинного класу промпродукту, який буде збагачуватися у важкосередовищних гідроциклонах, є дуже важким фактором, який впливає не тільки на процес розділення в збагачувальному апараті, а і на ефективність операцій по зневодненню і відмивці продуктів збагачення від магнетиту, регенерації суспензії.

Відомо, що параметрами збагачення вугілля у важкосередовищних гідроциклонах рекомендується для вугілля, антрацитів і горючих сланців застосовувати машинний клас крупністю від 0,5-1 до 6, 13, 25 мм або від 6, 13 до 25, 40 мм. При збагаченні промпродукту крупність машинного класу рекомендується в межах від 0,5 до 6, 13 або 25 мм.

На практиці ж при перезбагаченні в гідроциклонах промпродукту традиційним машинним класом є клас 0,5-13 мм. Промпродукт крупністю більше 13 мм при цьому додроблюється до -13 мм. Щоб вилучити горючу масу з його промпродуктових фракцій повинно буде здійснено їх дроблення до крупності 6(3) мм. Все залежить від крихкості компонентів, які складають кам'яновугільний зросток, ступені включення їх між собою по розміру окремих частинок. При цьому мінімальний розмір до якого доцільно дробити промпродукт в кожному окремому випадку визначається тільки після проведення відповідних досліджень.

При виборі нижньої межі крупності машинного класу, який збагачується в гідроциклоні, виходять із ряду технологічних вимог.

Машинний клас не повинен містити тонких зерен шламу, які забруднюють суспензію. Крайній мірі його кількість не повинна помітно погіршувати реологічні властивості суспензії: враховуючи, що ефективність збагачення знижується зі зменшенням крупності зерен, нижня гранична крупність не повинна бути менше розмірів зерен, за межами яких розділення вже не є достатньо ефективним. На практиці нижню межу крупності звичайно приймають рівною 0,5-1 мм. Це мінімальна крупність, при якій раціонально вести мокру класифікацію на вібраційних грохотах. Подальше зниження граничної крупності невідно із-за зменшення питомого навантаження грохотів до низького рівня.

По технологічній ефективності нижня межа крупності зерен, які збагачуються в гідроциклонах, може бути прийнята рівною 0,2 мм.

До якості машинного класу промпродукту, який надходить на збагачення у важкосередовищні гідроциклони (вміст шламу крупністю менше 0,5 мм)

## **Загальні питання технології збагачення**

пред'являються жорсткі вимоги. Вміст цього шламу не повинен перевищувати 5%. У вихідному промпродукті вміст цього шламу може досягати до 20%, а також треба зважити на те що його кількість збільшиться після дроблення промпродукту до крупності 6(3) мм. Тому дешламація вихідного продукту перед його збагаченням в гідроциклонах є дуже відповідальною операцією.

Із трьох схем знешламлювання: гідравлічної – в елеваторах, комбінованої – в елеваторних класифікаторах з контролем на грохотах, та мокрої – на грохотах, найбільше застосовується остання при використанні послідовно установлених, як тандем стаціонарного сита і вібраційного грохоту (як приклад ЦЗФ "Чумаківська"). Із схем збагачення промпродукту в одну стадію у двопродуктовому гідроциклоні з одержанням двох кінцевих продуктів (концентрату та відходів, або в більшій мірі концентрату та міксту зольністю 40-55%), в одну стадію в трипродуктовому каскадному гідроциклоні з одержанням трьох кінцевих продуктів (концентрату, промпродукту, відходів) перевага дається останньому. На цьому трипродуктовому гідроциклоні гарантується досягнення якості кінцевих товарних продуктів і якості відходів зольністю більше 70%. Крім того, промпродукт може бути після дроблення і розкриття промпродуктових зерен направлений в цей же гідроциклон на перезбагачення, що забезпечить припинення випуску промпродукту, як товарної продукції. Таким чином, горюча маса вилучена з дробленого промпродукту, стане складовою частиною коксового або енергетичного концентрату.

Двостадійна схема збагачення у двох послідовно установлених гідроциклонах з одержанням трьох кінцевих продуктів застосовується на вітчизняних та зарубіжних фабриках тільки для збагачення дрібного машинного класу вугілля, а не перезбагачення дрібного промпродукту.

Ця схема відрізняється від одностадійної наявністю другого гідроциклону, двох збірників кондиційної суспензії великої і малої густини, додаткового дугового і вібраційного грохотів для відділення суспензії від суміші продуктів після першої стадії збагачення, двох регулювальних баків і т.д.

Невідповідність між застосуванням двох двопродуктових гідроциклонів і технологією трипродуктового збагачення суттєво ускладнює схему, вимагає або додаткової висоти при каскадному розташуванні обладнання, або (при паралельному розташуванні) спеціальної транспортної системи для передачі суміші продуктів з першої на другу стадію розділення.

При одностадійному розділенні на три продукти в одному трипродуктовому каскадному гідроциклоні технологічна схема не відрізняється по складності від схеми одностадійного збагачення з розділенням на два продукти, за винятком наявності тільки додаткового обладнання для відділення суспензії і промивки продукту. Але як показує досвід збагачення промпродукту на ЦЗФ "Чумаківська" відділення суспензії і промивки продуктів може здійснюватися на одному технологічному ланцюжку обладнання (дуговому і вібраційному грохотах), просівна поверхня якого розділена на відповідні зони для кожного з продуктів збагачення.

Важливе значення в технології збагачення промпродукту також надається

## **Загальні питання технології збагачення**

регенерації магнетитової суспензії, від якості якої залежить ефективність роботи важкосередовищних гідроциклонів.

Технологічні схеми регенерації магнетитової суспензії дуже різноманітні. Їх можна класифікувати:

- по способу підготовки пульпи до регенерації (пряма регенерація розбавленої суспензії, регенерація з попереднім згущенням розбавленої суспензії);
- по способу магнітної сепарації (одностадійна, двостадійна, комбінована);
- по поточності процесу (спільна регенерація, роздільна регенерація).

В технології збагачення промпродукту на важкосередовищних гідроциклонах найбільше застосування найшла пряма схема магнітної регенерації, яка передбачає подання всього об'єму розбавленої суспензії на магнітні сепаратори, на яких передбачається двостадійна схема обробки суспензії. Двостадійна сепарація при регенерації суспензії найбільш характерна для технології важкосередовищного збагачення дрібного промпродукту і здійснюється на двох послідовно розташованих вітчизняних одnobарабаних магнітних сепараторах, або на одному закордонному – двобарабанному.

Так як сучасні вуглезбагачувальні фабрики оснащені, як правило, обладнанням для збагачення крупнозернистого шламу, то немає технологічної потреби здійснювати роздільну регенерацію суспензії і направляти вилучений шлам в присадку до близьких по зольності кінцевих продуктів. Краще по технології сумісної регенерації шлами, які виділились при зневодненні продуктів, змішувати перед направленням на регенерацію в один потік, що дозволить після регенерації направити на подальшу переробку тільки один потік відходів. Технологічна схема фабрик, як правило, пристосована для обробки (збагачення) тої незначної кількості шламу, яка виділяється під час регенерації і не має необхідності установлювати додаткові магнітні сепаратори, транспортні комунікації і взагалі значно ускладнювати технологію збагачення промпродукту.

Важливу роль в технології збагачення промпродукту у важкосередовищних гідроциклонах грає також стабільність фізико-механічних властивостей обважнювача, особливо гранулометричного складу і магнітних характеристик. Обважнювач повинен легко відмиватися від продуктів збагачення, відділятися від тонкого вугільного шламу і витягуватися із промислових вод.

Якщо для двопродуктових гідроциклонів необхідний обважнювач сортів Д і Т, то для трипродуктових гідроциклонів де відбувається згущення суспензії в кожній із двох секцій апарату, краще використовувати крупнозернистий магнетит марки К, який дозволяє одержати достатню різницю в густині розділення (порядка 450-600 кг/м<sup>3</sup>) в першій і другій секціям апарату. Це було підтверджено в період випробувань трипродуктових гідроциклонів на ЦЗФ "Ткварчельська" (Грузія), ЗФ шахти "Північна" (Росія), ЦЗФ "Ткварчельська" (Грузія), шахти "Північна" ВО "Воркутавугілля", де для формування магнетитової суспензії використовувався крупнозернистий магнетит, відповідно, з Азербайджанського ГЗКу і Ковдорського ГЗКу (Росія, Мурманська область).

Застосування крупнозернистого магнетиту забезпечує необхідну різницю густин розділення по секціям і зменшує втрати промпродуктових фракцій у відходах.

Суспензія із крупнозернистого магнетиту має меншу в'язкість, ніж суспензія із дрібнозернистого обважнювача. Ця різниця порівняно невелика при низькій, але стає суттєвою при високій густині суспензії, що може негативно вплину-

## **Загальні питання технології збагачення**

ти на розділення промпродукту в другій ступені трипродуктового гідроциклону.

Практично у всьому промисловому діапазоні густин і при значному засміченні вугільним шламом в'язкість суспензії із крупнозернистого обважнювача не перевищує нижньої границі нормативної межі – 7 сП. Для суспензії із дрібнозернистого обважнювача при густині  $1900 \text{ кг/м}^3$  при найменшому значенні засмічення шламом (100 г/л) в'язкість суспензії знаходиться на верхній границі нормативної межі – 10 сП. Значення в'язкості суспензії 7-10 сП, як показали багаточисленні дослідження, є граничними для нормального розділення вугілля.

При неможливості сформуванню суспензії із крупнозернистого магнетиту, можна традиційно використовувати для цього магнетитовий концентрат ЦГЗКу, що дещо зменшить різницю в густині розділення (порядку  $300\text{-}350 \text{ кг/м}^3$ ) в першій і другій секціям трипродуктового гідроциклону. Але це зменшення в різниці густини розділення можна часткового компенсувати підбором розміру (діаметру) з'ємних зливних патрубків першої і другої секцій і нижньої насадки (друга секція).

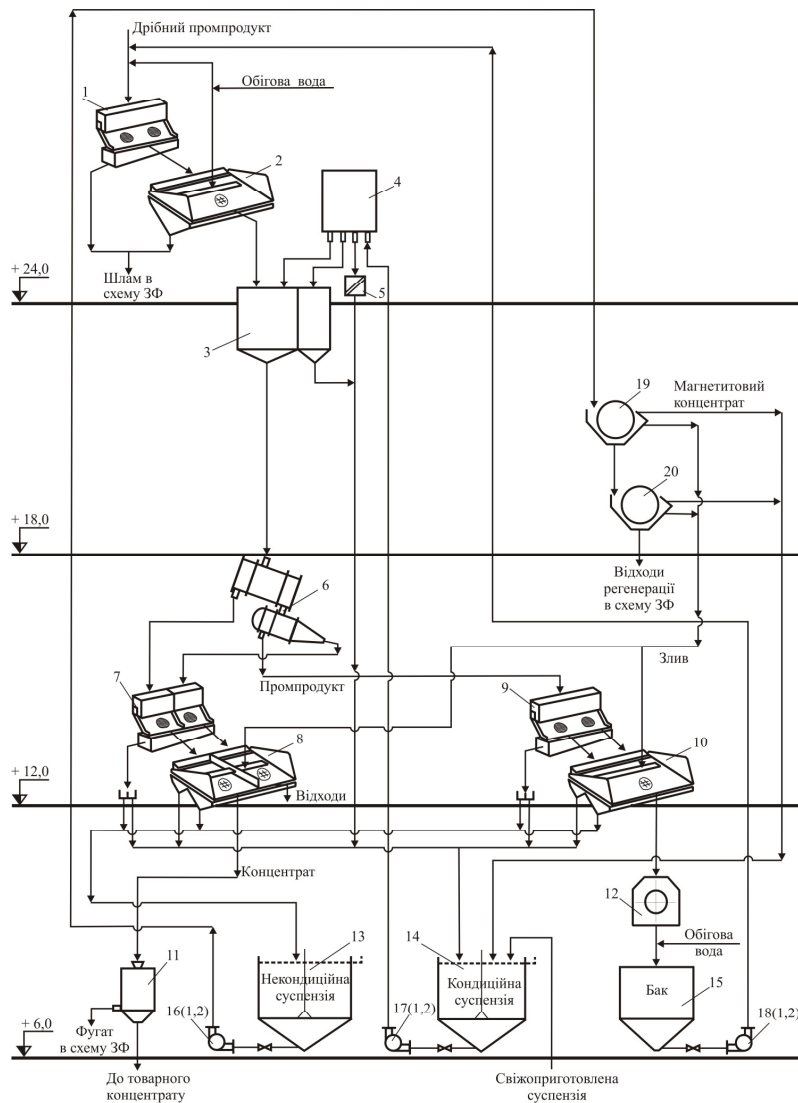


Схема ланцюга обладнання технології додаткового отримання товарної продукції від збагачення промпродукту

## Загальні питання технології збагачення

Крім того, при використанні трипродуктового гідроциклону ГЦТ-630/500 з поворотною другою секцією, яка дозволяє змінювати положення останньої відносно горизонту від -10 до +5°, поворот другої секції здійснюється для оперативного регулювання густини розділення в межах 200 кг/м<sup>3</sup>.

### Специфікація основного і додаткового устаткування

№ поз.	Найменування устаткування	Т и п	Продуктивність, не більше		Кількість	Потужність електроприводу, кВт		Маса одиниці, не більше, кг	Орієнтована ціна, тис. грн. (з ПДВ)	
			т/год.	м <sup>3</sup> /год.		Одиниці	Всього		Одиниці	Всього
<b>Основне устаткування</b>										
1, 7, 9	Дугове сито	СД-2,0	150	300	3	–	–	2010	70,8	212,4
2, 8	Грохот	ГІсМх-9,0×1-М (ГВЧ61М)	100	–	2	2×11	44	6250	394,3	788,6
10	Грохот	ГІсМх-8,5×1-М (ГІСТ61М)	85	–	1	2×5,5	11	4500	283,9	283,9
11	Центрифуга	ЦФШнВ-1,00ВМ	80-100	–	1	37	37	4400	468,0	468,0
6	Трипродуктовий гідроциклон	ГТ-630/500	80	250	1	–	–	2050	345,0	345,0
19	Магнітний сепаратор	СБМ-0,9/2,5Р	60*	270**	1	5,5	5,5	5700	956,0	956,0
20	Магнітний сепаратор	СБМ-0,9/1,5Р	40*	170**	1	4,0	4,0	3700	145,0	145,0
12	Дробарка	СМ-431	24	–	1	55	55	2240	735,0	735,0
<b>Додаткове устаткування</b>										
3	Змішувач	С-3	70	300**	1				75,6	75,6
4	Бак регулювальний	БР-3		300**	1				23,4	23,4
5	Комплекс апаратів автоматизації важкосередовищних установок	КТС-АСУ ТП(Х)			1				1000,0	1000,0
13	Збірник кондиційної суспензії	СБ-15М	–	–	1	–	–	3000	135,0	135,0
14	Збірник некондиційної суспензії	СБ-15М	–	–	1	–	–	3000	135,0	135,0
15	Бак для дробленого промпродукту	Нестандартний виріб	–	–	1				106,7	106,7
16(1, 2) 17(1, 2) 18(1, 2)	Насос	ШН-250	–	250	6	55	165***	800	97,3	583,8

\* – продуктивність по магнетиту.

\*\* – продуктивність по суспензії.

\*\*\* – сумарна потужність електроприводу ШН-250, які є в постійній експлуатації.

У відповідності з викладеним, в ВП "Укрндівуглезбагачення" ДП "НТЦ "Вуглеінновація" розроблена технологія додаткового отримання товарної продукції від збагачення промпродукту ТВЗП-50, схема ланцюга обладнання якої наведена на рисунку, а специфікація обладнання та його вартість у таблиці.

З наведених даних слідує, що висота споруди для розташування обладнання технології ТВЗП-50 складає 30 м, це дозволяє розташовувати його на діючих вуглезбагачувальних фабриках. Обладнання вітчизняне і виробляється серійно. Встановлена потужність електродвигунів – 321,5 кВт. Орієнтована ціна обладнання з ПДВ 6 млн грн.

### Висновки

Результати узагальнення вихідних даних для розробки технології додаткового отримання товарної продукції від збагачення промпродукту дозволять здійснити вибір обладнання та його розміщення відповідно схеми технології. Визначені енергетичні та цінові показники технології ТВЗП-50.

© Полулях О.Д., Берлін А.М., Корнеєва В.М., 2014

*Надійшла до редколегії 02.09.2014 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*