

УДК 622. 834. 4

Ю.Г. СВІТЛИЙ, канд. техн. наук,
(Україна, Науково-виробниче об'єднання «Гаймек»),

В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук

(Україна, Харків, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»)

РІШЕННЯ ПРИКЛАДНИХ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ЗАДАЧ ПРИ ПРОМИВЦІ І ГІДРОТРАНСПОРТІ РУД І РОЗСИПІВ ТА ПЕРЕРОБЦІ ГРУНТІВ У БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Постановка проблеми і стан її дослідження. При первинному збагаченні руд і розсіпів благородних металів, а також переробці ґрунтів в будівельні матеріали, однією з важливих технологічних операцій є операція промивки [1]. В ряді сучасних технічних рішень операції «промивка-гідравлічний транспорт» виступають як суміщений процес [2, 3, 4].

Промивка є необхідною або бажаною при високому вмісті глини у вихідної породи, при нетривкій породі, що розмокає (вапняки, доломіт), наявності піщано-гравійної суміші – для отримання високоякісного піску і митого щебеню) [5].

При поєднанні процесів «промивка-гідравлічний транспорт» виникає необхідність визначення режимних параметрів суміщеного процесу, зокрема, визначення такого параметра як критична швидкість, величини гідравлічного опору, яка характеризує енергоємність процесу та обумовлює вибір засобів гідро транспортування-промивки [6, 7].

Мета статті позначена в її назві – рішення прикладних гідродинамічних задач при промивці і гідротранспорті руд і розсіпів благородних металів та переробці ґрунтів в будівельні матеріали.

Для досягнення цієї мети ставляться наступні задачі: подати основи розрахунку гідротранспорту гравійно-галькових та грудкових матеріалів з вмістом піску, гідротранспорту тонкодисперсного матеріалу, зокрема, мулу; гідротранспорту піщано-глинистих гідросумішей, гідротранспорту дисперсної глини, гідротранспорту піщано-гравійних сумішей.

Виклад основного матеріалу базується на аналізі літератури по збагаченню корисних копалин промивкою і гідравлічного транспортування сипких мінеральних продуктів, зокрема [8-15].

1. Розрахунок процесу «гідротранспорт-промивка» гравійно-галькових та грудкових матеріалів з вмістом піску за В.В. Трайнісом

Питомі втрати напору:

$$i_{зр-з} = \frac{i_0 \rho_{з-з}}{\rho_0} + \left[\frac{\sqrt{gD(\rho_{см} - \rho_0)k_R}}{K_1 K_2 u_{см} \rho} \right].$$

Критична швидкість $u_{кр} = \sqrt{gD} \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_{см} - \rho_0}{K_1 K_2 \lambda_0 \rho_{см}}}$.

де $K_1 = 1,4$ – емпіричний коефіцієнт; $K_2 = 0,55$ (для гравію, щебеню та крупних грудок породи) – коефіцієнт опору при вільному падінні твердої частинки; c – коефіцієнт, який враховує ваговий вміст $R\%$ дрібних класів ($d < 2$ мм) у твердій фазі гідросуміші, при $15\% < R < 100\%$ $c = \frac{0,75(100 - R)}{100}$ при $0 < R < 15\%$

$c = \frac{1 = 2,4R}{100}$ при $c = 0,3$ $u = (1,15 \div 1,2)u_{кр}$.

2. Розрахунок гідротранспорту тонкодисперсного матеріалу (частинки крупністю 0,01-0,15 мм за А.Е. Смолдиревим

Питомі втрати напору:

$$i_{нор} = i_0(1 + aS) + naS \cdot \frac{W_{см}^2}{u} \cdot \frac{D}{d_{ср}} \text{ при } i_0 = \frac{\lambda_9 u^2}{2gD},$$

Критична швидкість

$$u_{кр} = W_{см} + 3\sqrt{aSDg}$$

де i_0 – питомі втрати напору для чистої транспортної рідини; S – об'ємна концентрація гідросуміші (у частках одиниці); $a = \frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0}$ – коефіцієнт густини гідросуміші;

$W_{см} = \omega(1 - S)^2 \left[1 - \frac{d_{ср}^2}{D^2} \right]$ – швидкість стисненого падіння частинок (гідр

равлічна крупність); ω – площа перерізу трубопроводу, м²; $n = 0,3 \div 0,32$ – експериментальний коефіцієнт; $d_{ср}$ – середньозважений розмір частинок транспор-

Усереднення та транспортування

тованого матеріалу; λ_0 – коефіцієнт гідравлічного опору для чистої несучої рідини при русі із швидкістю $u = \frac{4Q_0}{\pi D^2}$; Q_0 – витрата транспортного насоса по несучій рідині м/с.

3. Розрахунок гідротранспорту мулу (частинки крупністю 0,005-0,01 мм) за С.В. Яковлевим

Питомі втрати напору $i_u = \frac{\lambda_u u_{см}^2}{2gD}$, при

$$\lambda_u = 0,006 + \frac{0,03}{\Delta E^{0,17}}.$$

Критична швидкість $u_{кр} = (1,1 - 1,15) u$.

4. Розрахунок процесу «гідротранспорт-промивка» піщано-глинистих гідросумішей за А.П. Юфіним

Питомі втрати напору:

$$i_{n-гг} = i_{гг} + \frac{(i_n - i_{гг})P}{100},$$

де i_n та $i_{гг}$ – питомі втрати напору при транспортуванні-промивці піщаних та глинистих гідросумішей, відповідно; P – вміст піску у твердій фазі гідросуміші, %.

Критична швидкість

$$u_{кр} = 9,81 \sqrt[3]{D} \sqrt[4]{W} \left(\rho_{см} - \frac{\rho_{гг}}{\rho_0} \right),$$

де $\rho_{гг}$ – густина води з домішкою частинок глини.

5. Розрахунок гідротранспорту дисперсної глини крупністю до 0,005 мм за методикою К.А. Царевича – А.П. Юфіна

Продуктивність по гідросуміші $Q_{см} = 360$ м³/год.

Об'ємна концентрація $S = 25$ %.

Діаметр трубопроводу (табл. 8.22) $D = 0,4$ м.

Питомі втрати напору: $i_{см} = \lambda_{гг} \cdot \frac{u_{см}^2}{2gD}$,

де $\lambda_{zл} = 0,097 + 2,34\Delta E$; $\Delta E = 0,07$ – відносна шорсткість цільнозварених нових або старих у задовільному стані сталевих труб;

$$\lambda_{zл} = 0,097 + 2,34\Delta E = 0,097 + 2,34 \cdot 0,07 = 0,261 \text{ м вод. ст./м.}$$

Робоча швидкість

$$u = \frac{4 \cdot Q}{3600 \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 360}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,4^2} = 0,796 \text{ м/с.}$$

$$u_{кр} = (1,05 \cdot 1,1) u_{см} = 1,05 \cdot 0,796 = 0,836$$

$$i_{см} = \lambda_{zл} \cdot \frac{u_{см}^2}{2gD} = \frac{0,796^2 \cdot 0,261}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,4} = 0,021 \text{ м вод. ст./м.}$$

6. Розрахунок параметрів гідротранспорту-промивки піщано-гравійних сумішей крупністю 0,25-70 мм за методом ВНДІГ ім. Веденєєва

Питомі втрати напору $i_{н-зр} = i_0 + \Delta i$.

Додаткові втрати напору на переміщення твердих частинок:

$$\Delta i = \delta^4 \sqrt{J} \sqrt[3]{S^2} \frac{Q_{кр.см}}{Q_{см}}.$$

Коефіцієнт відносної крупності частинок $\delta = \frac{100d_{cp}}{D}$.

Коефіцієнт різнорідності частинок $J = \frac{3d_{10}}{d_{90}}$.

Критична швидкість $u_{кр} = 8,3 \sqrt[3]{D} \sqrt{S \varphi_{cp}}$.

Середній коефіцієнт транспортабельності $\varphi_{cp} = \frac{\sum \varphi_i P_i}{100}$,

де $Q_{кр}$ – витрата гідросуміші при критичній швидкості; d_{10} та d_{90} – розмір твердих частинок, менше яких в масі твердого матеріалу міститься відповідно 10 та 90%; P_i – відсотковий вміст i -х частинок у загальній масі.

Висновок

Запропоновані методики рішення прикладних гідродинамічних задач при течії мінеральних гідросумішей можуть бути використані в інженерних розрахунках суміщених процесів «промивка-гідралічний транспорт» руд і розсіпів благородних металів та переробці ґрунтів в будівельні матеріали.

Зокрема, викладені методики стосуються розрахунку гідротранспорту-промивки гравійно-галькових та грудкових матеріалів з вмістом піску, гідротранспорту тонкодисперсного матеріалу, зокрема, мулу і піщано-глинистих гідросумішей, гідротранспорту дисперсної глини, гідротранспорту піщано-гравійних сумішей.

Список літератури

1. Промывка песка, щебня и водооборот. // Союзгормаш-Инжиниринг. 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://sgm-eng.ru/o-kompanii/articles/promyvka-peska-shhebnya-i-vodooborot-obzor-reshenij>.
2. Білецький В.С. Суміщені технологічні процеси – перспективний напрямок розвитку в гірництві // Розробка родовищ. – 2015. – С. 167-174.
3. Білецький В.С., Верещун О.С. Суміщений процес «гідралічне видобування – знесення вугілля» // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2014. – Вип. 58(99)-59(100). – С. 126-131.
4. Білецький В.С. Проблеми переробки солоного вугілля // Актуальні проблеми водного господарства та природокористування: Матеріали міжнар. наук.-техн. конф. Рівне, 21-22 листоп. 2007 р. – Рівне, 2007. – С. 25-49.
5. Білецький В.С., Смирнов В.О. Переробка і якість корисних копалин. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2005. – 324 с.
6. Світлий Ю.Г., Круть О.А. Гідралічний транспорт твердих матеріалів: Монографія. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2010. – 268 с.
7. Світлий Ю.Г., Білецький В.С. Гідралічний транспорт: Монографія. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2009. – 436 с.
8. Трайнис В.В. Параметры и режимы гидравлического транспортирования угля по трубопроводам. – М.: Наука, 1970. – 192 с.
9. Смолдырев А.Е. Гидро- и пневмотранспорт. – М.: Металлургия. 1985. – 280 с.
10. Асауленко И.А. и др. Теория и прикладные аспекты гидротранспортирования твёрдых материалов. – К.: Наукова думка, 1981. – 364 с.
11. Бессонов Е.А. Технология и механизация гидромеханизированных работ.– М: Центр, 1999. – С. 543.
12. Джваршеишвили А.Г. Системы трубного гидротранспорта горно-обогащительных предприятий. – М.: Недра, 1981. – 384 с.
13. Джваршеишвили А.Г., Власов Ю.Ф., Бакрадзе Д.В. Исследование параметров гидротранспорта Чиатурских песков / Горная электромеханика и рудничная аэрология. Сб. научных трудов института горной механики АН ГССР. – Тбилиси: Мецниереба, 1979. – С. 78-85.
14. Лобанов Д.П., Смолдырев А.Е. Гидромеханизация геологоразведочных и горных работ. – М.: Недра, 1982. – 342 с.
15. Baha Abulnaga – "Slurry Systems Handbook" – McGraw-Hill 2002. 800 p.

© Світлий Ю.Г., Білецький В.С., 2018

*Надійшла до редколегії 27.04.2018 р.
Рекомендована до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*