

Сімес В.Є., аспірант

Науковий керівник: Семененко Є.В., доктор техн. наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу

(Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України)

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ВАНТАЖОПОТОКУ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ГІДРОТРАНСПОРТНИХ КОМПЛЕКСІВ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

Конкуренція вітчизняних гірничих підприємств на світових ринках з закордонними корпораціями потребує до підвищення рентабельності виробництва як за рахунок підвищення якості концентратів, так й за рахунок зниження витрат на переробку. Обидва шляхи неможливі без використання приладів контролю обсягів продуктів, що транспортуються, а також параметрів й режимів роботи транспортних систем. Найбільш поширеним видом безперервного транспорту, що використовується як при видобутку, так й переробці мінеральної сировини, є напірний трубопровідний гідротранспорт, завдяки якому технологічні ланки гірничих робіт, збагачувального виробництва та підрозділу складування та переробки відходів поєднанні в одне ціле [1 – 3]. Оперативний контроль на таких гідротранспортних комплексах завжди потребував покращення, як в апаратному, так, й, в методичному плані. Враховуючи неможливість уведення будь яких вимірювальних пристроїв всередину течії більшість дослідників намагаються розраховувати частину показників за допомогою теоретичних методів [4]. В цьому випадку недосконалість математичних моделей, які зроблені за різними методами, обумовлює похибку систем оперативного контролю, що призводить до суттєвої різниці при оцінці показників виробництва. Найбільша похибка виникає при визначенні вантажопотоку, тобто вагової витрати твердої фази гідросуміші, яка використовується при визначенні обсягів переробки, виходу товарної продукції та фактичного об'єму відходів збагачення. Сучасні методи контролю дозволяють з інженерною точністю вимірювати об'ємні витрати гідросуміші та її рідкої фази, а також оцінювати густину гідросуміші (табл. 1). Спираючись на ці вихідні дані вантажопотік можна розрахувати за трьома формулами [1 – 5]:

$$G_T = \rho_T(Q - Q_0), \quad G_T^{(1)} = \rho Q \frac{\rho - \rho_0}{\rho_T - \rho_0} \frac{\rho_T}{\rho}, \quad G_T^{(2)} = \rho Q - \rho_0 Q_0, \quad (1)$$

де G_T , $G_T^{(1)}$, $G_T^{(2)}$ – вантажопотік, кг/с; ρ_T – узагальнена густина частинок твердої фази, кг/м³; ρ_0 – густина рідкої фази, кг/м³; Q – об'ємна витрата гідросуміші, м³/с; Q_0 – об'ємна витрата рідкої фази, м³/с; ρ – густина гідросуміші, кг/м³.

Максимальна відносна похибка при розрахунках за формулами (1), як це видно з табл. 1, може становити від 32 до 52 %, що є неприпустимою за даних умов. Найбільш вірогідно, що така похибка виникає з того, що різні методи розрахунку спираються на різні моделі двофазного середовища. Деякі з таких моделей використовують об'ємну концентрацію, а інші – витратну об'ємну концентрацію [4, 5]:

$$\varphi = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_T - \rho_0}, \quad S = \frac{Q - Q_0}{Q}, \quad (2)$$

де: φ – об'ємна концентрація; S – витратна об'ємна концентрація.

Це призводить або до врахування різниці в швидкості фаз гідросуміші, тобто до моделювання гетерогенного середовища, або до вирівнювання цих величин, тобто до моделювання гомогенного середовища. Якщо за допомогою формул (2), та фундаментальних законів збереження отримати формули для розрахунку швидкостей фаз, а потім співвіднести їх, то отримаємо параметр, що характеризує ступінь гомогенності моделі на основі нерівностей швидкостей фаз

$$\sigma = \frac{S}{1-S} \frac{1-\varphi}{\varphi}, \quad (3)$$

де σ – показник гомогенності потоку (ППП).

Таблиця 1 – Інформація системи оперативного контролю гідротранспортного комплексу Вільногірського гірничо-металургійного комбінату та результати розрахунків

Годи-на	Вантажопотік, т/ч			Витрата, м ³ /ч		ρ , т/м ³	S	φ	σ	$G_T^{(1)}/G_T$	
	$G_T^{(1)}$	$G_T^{(2)}$	G_T	Q_0	Q					Факт	Теорія
01	832.6	1197.1	1869.4	2065.9	2754.9	1.18	0.25	0.11	2.82	2.25	2.36
02	841.8	1136.3	1689.2	2133.5	2756.2	1.19	0.23	0.12	2.31	2.01	2.02
03	775.7	1152.3	1949.0	2051.5	2730.5	1.18	0.25	0.10	2.79	2.51	2.35
04	1050.7	1372.5	1882.8	1958.1	2689.6	1.24	0.27	0.14	2.27	1.79	1.93
05	1047.1	1213.3	1596.2	2221.7	2796.1	1.23	0.21	0.14	1.65	1.52	1.52
06	979.9	1314.9	1839.3	1927.7	2644.7	1.23	0.27	0.14	2.38	1.88	2.00
07	1016.6	1387.8	1984.4	1987.5	2755.0	1.23	0.28	0.14	2.47	1.95	2.06
08	854.7	1166.0	1705.5	2280.1	2924.6	1.18	0.22	0.11	2.39	1.99	2.08
09	779.8	1115.1	1658.9	2172.1	2811.5	1.17	0.23	0.10	2.65	2.13	2.27
10	822.1	1169.3	1745.8	2009.4	2677.1	1.19	0.25	0.11	2.64	2.12	2.23
11	804.1	1063.8	1472.1	2006.4	2579.5	1.19	0.22	0.11	2.27	1.83	1.99
12	802.6	1218.7	1870.2	2073.4	2802.4	1.17	0.26	0.10	3.16	2.33	2.60
13	807.9	1219.0	1862.2	1996.4	2722.5	1.18	0.27	0.11	3.07	2.30	2.52
14	821.9	1104.3	1588.3	2052.8	2655.6	1.20	0.23	0.12	2.20	1.93	1.93
15	561.0	906.4	1449.2	1658.5	2222.5	1.14	0.25	0.08	3.79	2.58	3.08

Значення σ можна визначити за показниками системи оперативного контролю (табл. 1), а з використанням ППП стає можливим перерахування об'ємної концентрації гідросуміші у витратну об'ємну концентрацію гідросуміші та навпаки, а також визначення різниці між формулами (1):

$$\varphi = \frac{S}{\sigma + (1-\sigma)S}, \quad S = \frac{\sigma\varphi}{1 - (1-\sigma)\varphi}, \quad G_T = G_T^{(1)} \frac{\sigma}{1 - (1-\sigma)\varphi}, \quad G_T = G_T^{(2)} + (\sigma - 1)(\rho - \rho_0)Q_0. \quad (4)$$

ППП характеризує однорідність течії за швидкостями фаз, в чому можна перекопатися з формул (4). Коли течія є гомогенною, тобто виконується умова $\sigma = 1$, то швидкості фаз однакові, й об'ємна та витратна концентрації гідросуміші однакові $\varphi = S$, а різниці між величинами G_T , $G_T^{(1)}$ та $G_T^{(2)}$ не існує. З порівняння величин $G_T^{(1)}$, що розрахована з використанням ППП, та величини G_T (табл. 1), видно, що відносна похибка знаходиться в межах точності інженерних розрахунків. Це дає привід використовувати цю методику в системі оперативного контролю параметрів гідротранспортних комплексів та при визначенні обсягів переробки, виходу товарної продукції та фактичного об'єму відходів збагачення.

Перелік посилань

1. Булат, А.Ф. *Модели элементов гидротехнических систем горных предприятий*: Монография / А.Ф. Булат, О.В. Витушко, Е.В. Семенов; Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск: Герда, 2010. – 216 с.
2. Семенов Е. В. *Научные основы технологий гидромеханизации открытой разработки титан-цирконовых россыпей*. Киев : Наукова думка, 2011. 232 с.
3. Гуменик И.Л., Сокил А.М., Семенов Е.В., Шурыгин В.Д. *Проблемы разработки россыпных месторождений*. Днепропетровск: Січ, 2001. 224 с.

4. Криль С.И. Об измерении расхода гидросмеси трубой Вентури / С.И.Криль, В.П. Берман // Вісн. Східноукр. Держ. Університету: (сер. Промисловий транспорт). – 1999. – № 2(18). – С. 93 – 98.

5. Криль С.И. Напорные взвесенесущие потоки /Степан Иванович Криль. – К: Наукова думка, 1990. – 170 с.