

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЙ ГІДРОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ З МЕТОЮ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

При переміщенні вантажопотоків на різні відстані важливе значення набув трубопровідний транспорт не тільки традиційних рідких і газоподібних продуктів, але і різних твердих сипучих або суспензійних матеріалів. Сфера застосування гідротранспорту твердих або суспензійних матеріалів досить широка і включає багато областей промислової діяльності, в тому числі гірничорудну, вугільну, хімічну, енергетичну і будівельну промисловість, де трубопровідним транспортом переміщуються сировина, готова продукція та відходи виробництва. Гідротранспортні установки є невід'ємною частиною технологічних ланцюжків на гірничих підприємствах. Вони широко використовуються як при транспортуванні гідросумішей корисних копалин, так і при видаленні відходів при їх збагаченні.

Для підвищення рентабельності і конкурентоспроможності гірських підприємств необхідно знижувати собівартість вироблених ними товарів. Аналіз витрат показує, що частка питомих витрат на електроенергію при транспортуванні гідросуміші досягає 55% від собівартості, а на переважній кількості підприємств гірничої галузі найбільшою статтею питомих витрат є електроенергія. Зі сказаного вище, слід, що зниження енергоємності процесу транспортування гідросумішей є нагальною і досить актуальною проблемою.

Є такі функції гідротранспортної установки:

1. приготування пульпи;
2. транспортування гідросуміші;
3. складування твердої фази.

Найбільша кількість енерговитрат припадає на функцію «транспортування гідросуміші». Тому для пошуку шляхів оптимізації ГТС складання функціональної моделі, в основі якої лежить дана функція, найбільш актуально. Реалізація головної функції можлива при виконанні сукупності основних функцій, які в свою чергу реалізуються при виконанні сукупності функцій першого рівня. Подальша деталізація є зайвою, що утрудняє аналіз і не приносить видимої користі. Перелік основних функцій і функцій першого рівня наведено в таблиці. На малюнку представлена функціональна модель системи, яка являє собою деревоподібну структуру. Така структура найкращим чином відображає ієрархію функцій. Для зручності сприйняття «шкідливі» і «корисні» функції розташовані по різні боки «головною» функції для кожної сукупності. Поділ на «шкідливі» і «корисні» функції вельми умовно, тому що ці функції є невід'ємною частиною сукупності, що реалізує «головну» функцію. «Шкідливість» функції визначається її негативним впливом, яке не є необхідним, але без якого неможливе можна побудувати систему. З метою оптимізації ГТС необхідно знижувати вплив таких «шкідливих» функцій чи забороняти повністю. Аналіз отриманої моделі показує, що для зниження енерговитрат на транспортування гідросуміші необхідно знизити негативний вплив наступних функцій: «створення опорів потоку гідросуміші», і «знос трубопроводу». Саме на ці функції доводиться більшість енерговитрат при перекачуванні пульпи.

За реалізацію цих функцій відповідає трубопровід (магістраль) гідротранспортної установки.

Суспензії можуть містити як дрібні частинки менше 0,05 мм, так і великі. Найчастіше ця дисперсія розміру часток є позитивною. При цьому ризик седиментації менший, це означає, що швидкість може бути знижена. Це також сприяє зменшенню зносу і іноді навіть втрат на тертя, в тому числі при постійній швидкості. Рідина разом з дрібними частинками утворює гомогенну суспензію, яка є середовищем перенесення. Частинки більшого розміру разом із середовищем перенесення утворюють гетерогенну суспензію. Підвищена щільність середовища перенесення, викликана наявністю дрібних частинок, має меншу різницю щільності для цієї гетерогенної суспензії. Для більших проектів трубопроводів бажано підібрати відповідну дисперсію розмірів частинок. Знос сильно залежить від швидкості потоку. Практичні випробування показали, що знос при транспортуванні пульпи зростає в експоненційній залежності від швидкості потоку з показником від 2 до 3.

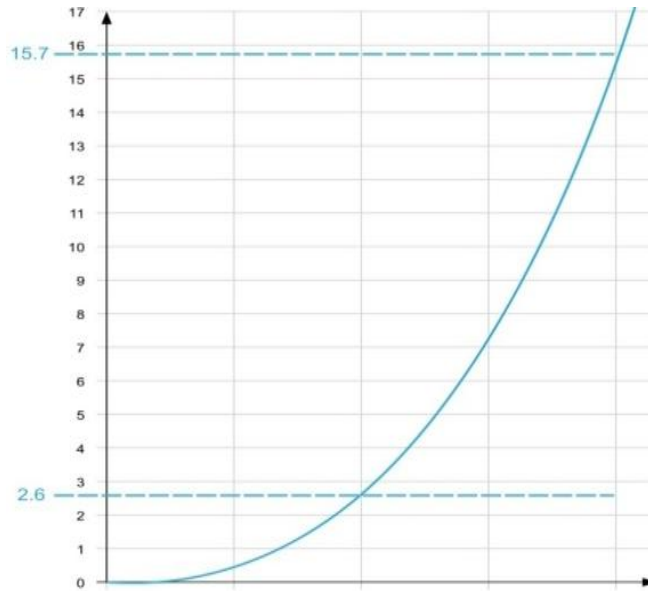


Рис. 1. Діаграма відносного зносу при різних швидкостях

Якщо існують нерегулярні умови потоку і швидкість потоку занадто мала, то існує великий ризик виникнення виробничих проблем, а також скупчення матеріалу і засмічення. Швидкість, при якій відбувається перехід від рухомого шару матеріалу до гетерогенної швидкості потоку, відома під назвою критичної швидкості, і вона представляє великий інтерес для гідротранспортування. При швидкостях нижче критичної існує велика ймовірність засмічення. Збільшення розміру часток, їх щільності та діаметру труби підвищує критичну швидкість. Для прийняття орієнтовного рішення по критичній швидкості існують деякі емпіричні розрахунки. Критична швидкість  $V_c$  розраховується відповідно до рівнянням Дюран-Кондоль:

$$V_c = F_L \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot \frac{S_s - S_1}{S_1}}$$

$F_L$  - Параметр швидкості в залежності від розміру часток і об'ємної концентрації твердого матеріалу

$g$  = прискорення вільного падіння, (9,81 м/с<sup>2</sup>)

$D$  = внутрішній діаметр трубопроводу (м)

$S_s$  = щільність твердого матеріалу (кг/м<sup>3</sup>)

$S_1$  = щільність рідини

Рівняння Дюран-Кондоль показує, що критична швидкість збільшується пропорційно квадратному кореню з діаметра трубопроводу для будь-якої заданої концентрації і розміру часток. Параметр швидкості  $F_L$  зазвичай не перевищує 1,5, навіть при об'ємній концентрації більше 15 відсотків.



Рис. 2. Різні умови потоку Третій (найнижчий) варіант на малюнку представляє краці умови

Велика частка енерговитрат в собівартості гідротранспорту вимагає пошуку нових рішень оптимізації ГТС. Аналіз функціональної моделі ГТС дозволив виявити елементи, на які припадає найбільша кількість витрат, обґрунтувавши

тим самим найбільш актуальні шляхи зниження енергоємності транспортування хвостовій пульпи. Таким чином, першочерговим завданням є зниження опору руху потоку гідросуміші і підвищення зносостійкості трубопроводу. Можливим вирішенням цього завдання може стати застосування труб футерованих полімерними матеріалами. Досвід застосування таких труб за кордоном при будівництві каналізаційних споруд показав, що вони набагато довговічніші сталевих труб і мають значно нижчі коефіцієнти опору руху потоку. Для застосування таких труб в гідротранспорті хвостів збагачення необхідно розробити методику розрахунку втрат напору по довжині в трубах з внутрішнім полімерним покриттям, а також методику розрахунку терміну служби таких труб. Існуючі в даний момент методики для сталевих труб не підходять, тому що пластикові деталі ми інший механізм зносу.