

### ВЫБОР ДИАМЕТРА ТРУБОПРОВОДА ГИДРОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА С УЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА

В роботі запропоновано метод, який дозволяє без послідовних ітерацій знайти діаметр трубопроводу гідротранспортної магістралі з урахуванням особливостей гранулометричного складу матеріалу, що транспортується.

Параметры магистрали гидротранспортного комплекса во многом определяют энергозатраты на транспортирование. Так, критическая скорость гидротранспортирования зависит не только от концентрации гидросмеси и гранулометрического состава транспортируемого материала, но и от величины диаметра трубопровода [1-3]. Диаметр трубопровода определяются потери напора на трение и структура движения кусковых фракций (+3 мм) [2]. Таким образом, диаметр трубопровода является важным параметром гидротранспортной системы.

Обычно диаметр трубопровода определяется посредством ряда последовательных приближений [3]. При этом начальное значение определяется из условия не закупорки трубопровода частицами транспортируемого материала

$$D \geq 3d_{\max}, \quad (1)$$

где  $D$  - внутренний диаметр трубопровода;  $d_{\max}$  - максимальная крупность транспортируемых частиц. По определенному из уравнения (1) значению проводится расчет критической скорости, гидравлического уклона и средней скорости гидросмеси. Если полученная критическая скорость меньше средней скорости гидросмеси, то расчет прекращается, если больше - увеличивается диаметр трубопровода и повторяются все вычисления. Обычно на практике для определения рабочего диаметра трубопровода достаточно 2...3 итераций [2-4].

При таком методе определения затруднительно исследовать влияние конкретного фактора на величину диаметра трубопровода. Не приходится говорить также об оптимальном выборе этого параметра. В настоящей работе рассматривается метод расчета внутреннего диаметра трубопровода гидротранспортного комплекса, позволяющий получить результат без итераций. Рассматриваемый метод позволяет проанализировать влияние на определяемую величину таких факторов как гранулометрический состав материала, концентрация и плотность гидросмеси.

Гидротранспортирование является наиболее экономичным, если выполняется условие [2]:

$$k_v = V_{cp} / V_{kp} = 1,25 - 1,3, \quad (2)$$

где  $V_{cp}$ ,  $V_{kp}$  - соответственно средняя по сечению скорость гидросмеси и критическая скорость гидротранспортирования. Величина средней скорости определяется расходом гидросмеси

$$V_{cp} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (3)$$

где  $Q$  - необходимый расход гидросмеси. Критическая скорость рассчитывается в зависимости от гранулометрического состава и концентрации материала по формуле [2]:

$$V_{kp} = C_1 \sqrt{gD} \sqrt[3]{A_2 S_2 \omega / \sqrt{\delta_2}} + C_2 \sqrt{gDA_3 S_3 f} \quad (4)$$

где  $C_1$ ,  $C_2$  - постоянные величины;  $g$  - ускорение свободного падения;  $\omega$  - гидравлическая крупность в стесненных условиях и средневзвешенный диаметр частиц мелкой фракции (-0.15+2 мм);  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  - соответственно концентрации и уточненные параметры Архимеда мелкой и кусковой фракций;  $f$  - коэффициент трения материала о стенку трубопровода. На основании формул (2)-(4) можно записать:

$$\frac{4Q}{\pi D^2 k_v} = \sqrt{gDW} \quad , \quad W = C_1 \sqrt[3]{A_2 S_2 \omega / \sqrt{\delta_2}} + C_2 \sqrt{A_3 S_3 f} \quad (5)$$

Переходя от расхода гидросмеси к производительности гидротранспортного комплекса по твердому материалу, запишем

$$\frac{D}{D_*} = (SW)^{-0.4} \quad , \quad D_* = \left( \frac{4Q_m}{\pi k_v \sqrt{g}} \right)^{0.4} \quad (6)$$

где  $Q_m$  - производительность гидротранспортного комплекса по твердому материалу.

Правая часть выражения (6) зависит от параметров транспортируемого материала и концентрации гидросмеси, в то время как левая часть определяется технологическими характеристиками гидротранспортного комплекса. Таким образом, выражение (6) позволяет определить диаметр трубопровода для различной производительности гидротранспортного комплекса, в зависимости от свойств материала. На рисунке 1 показаны зависимости величины  $D/D_*$  от концентрации гидросмеси, при различном содержании кусковых фракций. Зависимость величины  $D_*$  от производительности по твердому материалу, для различных значений  $k_v$  показана на рисунке 2. Из рисунка 1 видно, что наиболее сильно величина диаметра трубопровода изменяется в диапазоне значений концентрации от 1 до 10%. При этом большему содержанию кусковых фракций соответствует большая величина диаметра трубопровода. Как видно из рисунка 2, величина характерного диаметра  $D_*$  мало зависит от величины  $k_v$ .

В некоторых случаях транспортируемый материал необходимо дробить перед гидротранспортированием до некоторой крупности. При этом для расчета параметров гидротранспортного комплекса нужно определить степень его дробления. Учитывая формулы (1) и (6), минимально необходимая степень дробления будет

$$i = \frac{3d_{\max}^0 (SH)^{0.4}}{D}, \quad (7)$$

где  $d_{\max}^0$  - максимальная крупность кусков исходного материала.

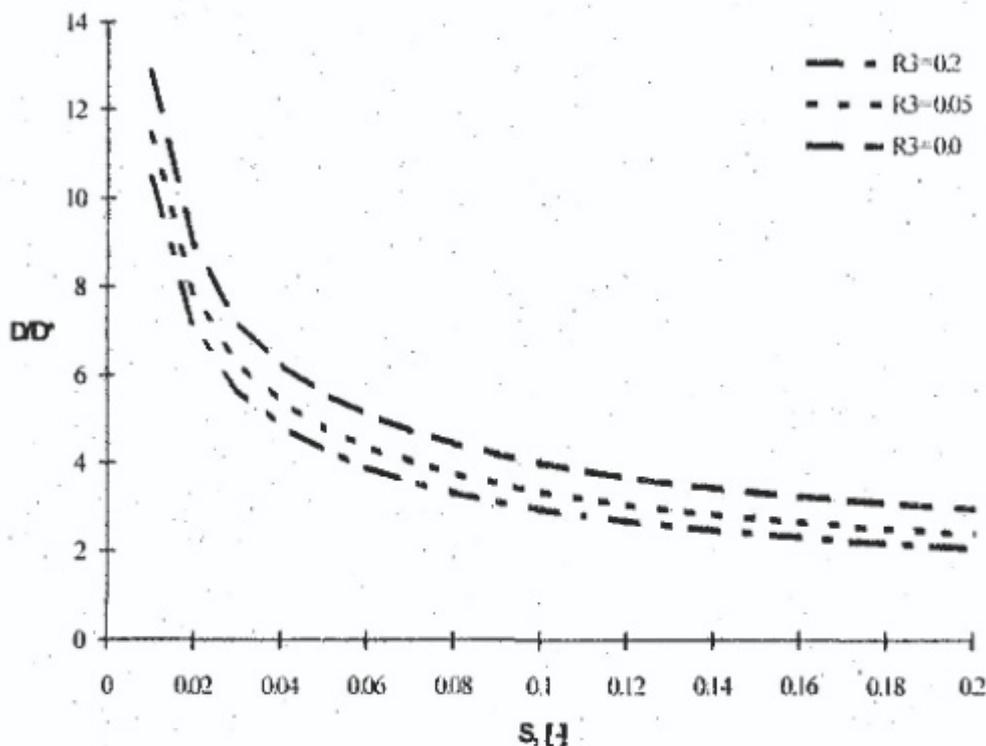


Рис. 1 - Изменение относительного диаметра

При гидротранспортировании кусковых фракций их концентрация изменяется в результате дезинтеграции частиц [5-6]. В ходе этого изменяется величина критической скорости гидротранспортирования. Проанализируем это изменение.

В результате дезинтеграции кусковых фракций их концентрация уменьшается, одновременно увеличивается концентрация частиц тонких фракций. Это ведет к снижению величины уточненных параметров Архимеда всех классов частиц, что учитывается в формуле (6) комплексом  $W$ . На рисунке 3 показано отношение диаметров трубопровода при гидротранспортировании материала содержащего и не содержащего кусковые фракции.

Из рисунка видно, что исследуемая величина мало зависит от концентрации гидросмеси. Максимальное изменение необходимого диаметра трубопровода в результате полного истирания кусковых фракций не превышает 20 %.

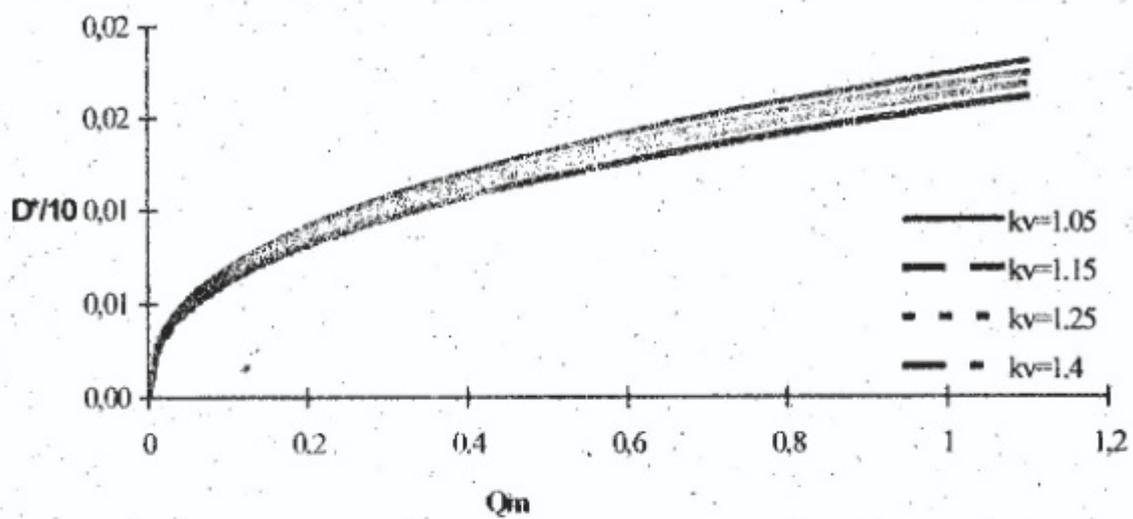


Рис. 2 – Изменение характерного диаметра

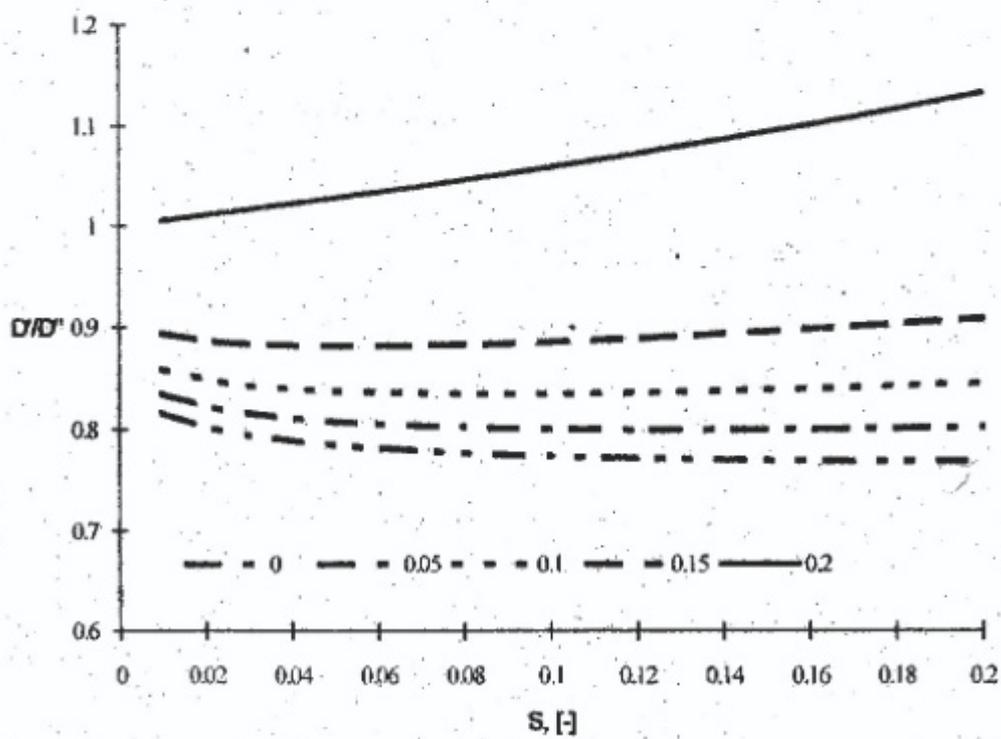


Рис. 3 – Изменение диаметра при транспортировании частиц различной крупности

Изложенное в работе позволяет по формулам (5) - (7) рассчитать диаметр трубопровода гидротранспортного комплекса в зависимости от параметров транспортируемого материала. Формула (6) позволяет при выборе диаметра трубопровода исследовать влияние различных факторов и пересчитывать величину диаметра трубопровода в зависимости от технологических параметров гидротранспортного комплекса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевелев Г.А., Фитерер В.В., Шурыгин В.Д. Использование результатов лабораторных экспериментов для расчета критических параметров гидротранспортных комплексов промышленных предприятий // Геотехническая механика. - Днепропетровск, 1997, Вып. 2. - С.118-122.
2. Смолдырев А.Е. Гидро- и пневмотранспорт в металлургии. - М.: Металлургия, 1985. - 383 с.
3. Теория и прикладные аспекты гидротранспортирования твердых материалов / И.А. Асауленко, Ю.К. Витошкин, В.М. Карасик и др. - К.: Наукова думка, 1981. - 363 с.
4. Надежность и долговечность напорных гидротранспортных систем / Л.И. Махарадзе, Т.Ш. Гочиташвили, Д.Г. Сулаберидзе, Л.А. Алехин. - М.: Недра, 1984. - 119 с.
5. Джаршешвили А.Г. Системы трубного транспорта горно-обогатительных предприятий. - М.: Недра, 1986. - 384 с.
6. Трайнс В.В. Параметры и режимы гидравлического транспортирования угля по трубопроводам. - М.: Наука, 1970. - 190 с.

УДК 622.02

А.М. Сокил

#### НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОДГОТОВКИ ТИТАН-ЦИРКОНОВЫХ ПЕСКОВ К ОБОГАЩЕНИЮ

Розглядається нова технологічна схема підготовки титано-цирконових пісків до збагачення. Для підвищення ефективності процесу збезшамлювання запропоновано змінити послідовність стадій грохочення та збезшамлювання на початку процесу.

При обогащении титан-цирконового песка важной операцией является их предварительное обесшамливание. Эта операция осуществляется в несколько стадий. По технологии, действующей на обогатительной фабрике Вольногорского горно-обогатительного комбината (рис. 1), рудные пески, подаваемые гидротранспортом, сначала подвергаются обесшамливанню в гидроциклонах ГЦ 1400, а затем грохочению. В вертикально стоящие гидроциклоны пульпа рудных песков подается насосами под давлением. При этом крупность частиц в пульпе колеблется в очень широких пределах - от тонких частиц шлама до неразмытых кусков материала крупностью 100...240 мм. При попадании в насос вместе с пульпой частицы шлама осаждаются на его внутренних стенках, что приводит к нарушению режима работы насоса или даже к выходу его из строя. С другой стороны, наличие в пульпе неразмытого крупнокускового материала тормозит разгрузку песков через песковую насадку гидроциклона, что является одной из причин повышения потерь тяжелых минералов при рудоподготовке.