Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова,
т. ДХХХУШ, 1981 г.

УДК 622.693.4

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЮКЕРНЫХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМЕ ГИДРОТРАНСПОРТА

Ю.Н.ГУЛЯЕВ,
А.С.МЕДВЕДЕВ

Гидротранспорт сыпучих материалов получил широкое распространение при удалении отходов производства на горно-обогатительных, металлургических и энергетических предприятиях, поэтому возникла необходимость разработать научно обоснованные методы расчета гидротранспортных систем. Эффективность их работы зависит от того, насколько правильно они запроектированы и насколько обоснован рекомендуемый режим транспортирования. Экономическая эффективность гидравлического транспорта определяется энергоемкостью процесса и надежностью работы оборудования, которая, в свою очередь, зависит, как показывают ранее проведенные исследования [I-4], от концентрации и скорости транспортирования пульпы, а также от правильности выбора трассы гидротранспортной линии.

При проектировании гидротранспортных систем часто возникает необходимость осуществить различные сложные схемы, требующие специального гидравлического расчета. К ним относятся схемы с дюкерными и сифонными устройствами, каскадные схемы и др. Особый интерес представляют схемы с дюкерами.

Дюкер (рис. I) состоит из трех участков пульповодов (нисходящего, горизонтального и восходящего), процесс транспортирования пульпы в которых качественно различен из-за перераспределения скоростных и концентрационных полей, эпюр распределения твердых частиц в зависимости от угла наклона трубопровода и направления потока пульпы, поэтому гидравлический расчет необходимо производить отдельно для каждого участка.

В основу предлагаемого метода расчета рабочих параметров дюкера в гидротранспортных линиях хвостов обогатительных фабрик положено определение предельных концентраций пульпы, выбор диаметра трубопровода, расчет критических скоростей движения потока пульпы и гидравлических уклонов. Расчет начинают с определения средневзвешенного диаметра твердых частиц

$$d_{ср} = \frac{\sum P_i d_i}{100} ,$$

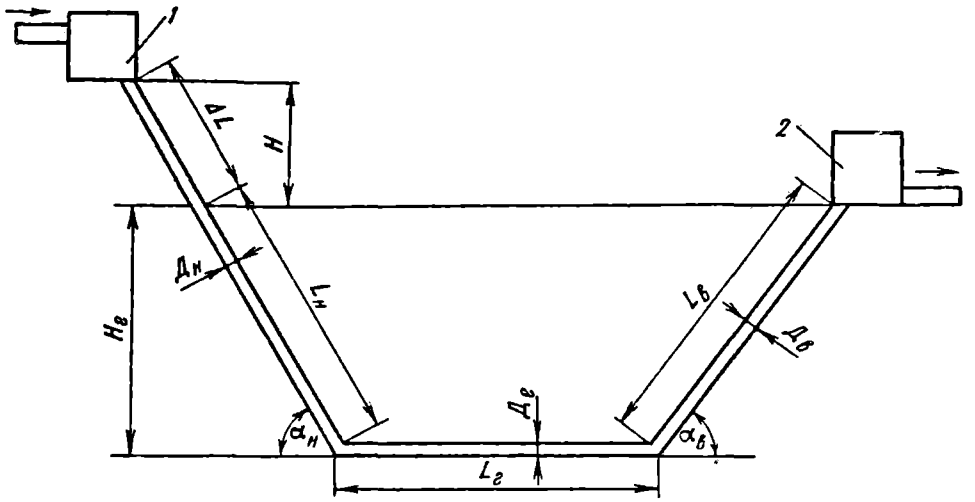


Рис.1. Схема дюкера
1 – входной оголодок; 2 – выходной оголодок

где P_i – содержание фракций, %; d_i – средний диаметр фракций, мм.

Затем по графику гранулометрического состава находят содержание n классов $d_{ср} < 0{,}05$ мм и определяют предельно возможную концентрацию твердого в трубопроводе [1]

$$S_{пр} = \frac{\gamma_н}{\gamma_т(1+n)}$$

где $\gamma_н$ – объемный (насыпной) вес хвостов; $\gamma_т$ – удельный вес хвостов.

Ориентировочное значение оптимальной объемной концентрации пульпы

$$S_{опт} = S_{пр}(1-0{,}2n),$$

расход пульпы

$$Q_п = \frac{Q_т}{\gamma_т S_{опт}}$$

где $Q_т$ – расход хвостов.

Диаметр горизонтального участка дюкера

$$D = \left(\frac{4Q_п\rho_н}{\pi\rho_в}\right)^{0{,}4}\left(2g\frac{I_{кр}}{\lambda_{кр}}\right)^{-0{,}2},$$

где $\rho_н$ – плотность несущей среды, $\rho_н = nS(\rho_т-\rho_в) + \rho_в$; $\rho_в$ – плотность воды; g – ускорение свободного падения; $I_{кр}$ – гидравлический уклон при критической скорости пульпы; $\lambda_{кр}$ – коэффициент гидравлического сопротивления при критической скорости пульпы; S – заданная или оптимальная концентрация пульпы; $\rho_т$ – плотность твердых частиц.

Отношение $I_{кр}/\lambda_{кр}$ определяется по графику (рис. 2). Параметр

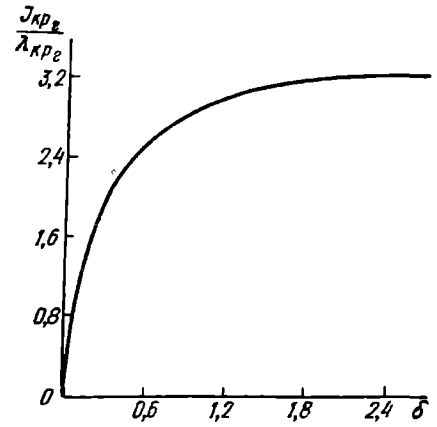


Рис.2. Определение $I_{кр_Г}/\lambda_{кр_Г} = f(\delta)$

$$\delta = 0{,}37\, S\, d_{ср}^{0,5} \left(\frac{\rho_т - \rho_н}{\rho_н}\right)^2$$

Критическая скорость для горизонтального участка

$$U_{кр} = \frac{\rho_в}{\rho_н}\sqrt{2g\,\frac{I_{кр}}{\lambda_{кр}}\,D}$$

Гидравлический уклон для горизонтального участка

$$I_Г = \left\{-2\lg\left[\left(\frac{6{,}81\nu}{U_{кр}D}\right)^{0,9} K + \frac{0{,}27\Delta}{D} + \frac{\delta}{D}\right]\right\}^{-2} \frac{U_{кр}^2}{2gD}$$

Для участков, на которых фактическая скорость $U_ф$ больше критической $U_{кр}$, гидравлический уклон

$$I_Г = \left\{-2\lg\left[\left(\frac{6{,}81\nu}{U_ф D}\right)^{0,9} K + \frac{0{,}27\Delta}{D} + \frac{\delta}{D}\left(\frac{U_{кр}}{U_ф}\right)^4\right]\right\}^{-2} \frac{U_ф^2}{2gD},$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости воды; Δ – абсолютная средняя шероховатость пульповода, мм, для условий гидротранспорта $\Delta = 0{,}2$ мм; $K = f(nS)$ – коэффициент, определяемый по графику (рис. 3).

Критическая скорость для наклонных участков дюкера

$$U_{кр_н} = U_{кр}\,(1 \pm \sin\alpha),$$

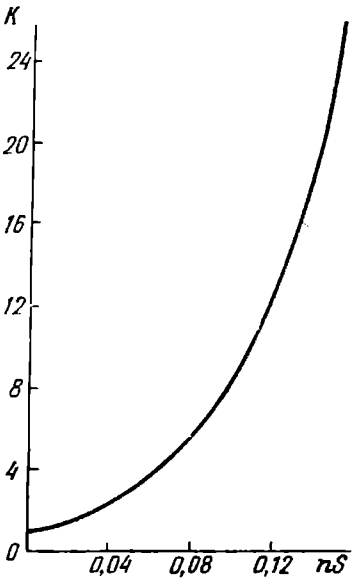


Рис.3. Определение $K = f(nS)$

где α – угол наклона пульповода; знак "+" соответствует восходящим участкам, знак "–" – нисходящим.

Диаметр наклонного участка пульповода

$$D_н = \sqrt{\frac{4\,Q_п}{\pi\, U_{кр_н}}}$$

Гидравлический уклон для наклонных участков дюкера находят так же, как и для горизонтальных.

Необходимое превышение входного оголовка над выходным

$$H = 1{,}25\left(\sum L_i\, I_i\right),$$

где L_i – длина i-го участка; I_i – гидравлический уклон i-го участка.

Например, требуется определить необходимое превышение входного оголовка над выходным дюкера № I Каджаранской обогатительной фабрики Зангезурского медно-молибденового комбината (см. рис.I).

Исходные данные: D = 0,7 м; $d_{ср}$ = 0,I4 мм; n = 0,4; $Q_{п}$ = 0,9 м^3/с; $L_{г}$ = I67 м; $L_{н}$ = 325 м; $\alpha_{н}$ = 3I^0; $L_{в}$ = 300 м; $\alpha_{в}$ = 3I^0; S = 0,I2; $\rho_{т}$ = 2,55 т/м^3; $\rho_{в}$ = I т/м^3.

I. Плотность несущей среды

$$\rho_{н} = 0,I2 \cdot 0,4(2,55 - I) + I = I,07 \text{ т/м}^3.$$

2. Параметр

$$\delta = 0,37 \cdot 0,I2 \cdot 0,I4 \cdot 0,5 \left(\frac{2,55 - I,07}{I,07}\right)^2 = 0,03I \text{ мм}.$$

3. По графикам (рис. 2,3) $I_{кр}/\lambda_{кр}$ = 0,63; K = 2,6.

4. Эквивалентный диаметр дюкера на горизонтальном участке

$$D_{э} = \left(\frac{4 \cdot 0,9 \cdot I,7}{3,I4 \cdot I}\right)^{0,4} (2 \cdot 9,8I \cdot 0,63)^{-2} = 0,65 \text{ м}.$$

5. Критическая скорость при эквивалентном диаметре

$$U_{кр} = \frac{I}{I,07} \sqrt{0,63 \cdot 2 \cdot 9,8I \cdot 0,65} = 2,68 \text{ м/с}.$$

6. Гидравлический уклон на горизонтальном участке

$$I_{г} = \left\{-2\lg\left[\left(\frac{6,8I \cdot 0,0I}{2,68 \cdot 0,65 \cdot I0^4}\right)^{0,9} 2,6 + \frac{0,27 \cdot 0,2}{0,65 \cdot I0^3} + \frac{0,03I}{0,65 \cdot I0^3}\right]\right\}^{-2} \frac{2,68^2}{2 \cdot 9,8I \cdot 0,65} =$$

$$= 0,0098.$$

7. Критическая скорость на нисходящем участке дюкера

$$U_{крн} = 2,68 \ (I - 0,52) = I,29 \text{ м/с}.$$

8. Гидравлический уклон на нисходящем участке дюкера

$$I_{г} = \left\{-2\lg\left[\left(\frac{6,8I \cdot 0,0I}{2,34 \cdot 0,70 \cdot I0^4}\right)^{0,9} 2,6 + \frac{0,27 \cdot 0,2}{0,7 \cdot I0^3} + \frac{0,03I}{0,7 \cdot I0^3} \left(\frac{I,29}{2,34}\right)^4\right]\right\}^{-2} \frac{2,34^2}{2 \cdot 9,8I \cdot 0,7} =$$

$$= 0,0065.$$

9. Критическая скорость на восходящем участке дюкера

$$U_{кр} = 2,68 \ (I + 0,52) = 4,07 \text{ м/с}.$$

I0. Эквивалентный диаметр на восходящем участке

$$D_{В} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,9}{3,14 \cdot 4,07}} = 0,53 \text{ м.}$$

II. Гидравлический уклон на восходящем участке

$$I_{В} = \left\{-2\lg\left[\left(\frac{6,81 \cdot 0,01}{4,07 \cdot 0,53 \cdot 10^{4}}\right)^{0,9} 2,6 + \frac{0,27 \cdot 0,2}{0,53 \cdot 10^{3}} + \frac{0,031}{0,53 \cdot 10^{3}}\right]\right\}^{-2} \frac{4,07^{2}}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,53} =$$

$$= 0,0288.$$

I2. Необходимое превышение входного оголовка над выходным

$$H = (325 \cdot 0,0065 + 167 \cdot 0,0098 + 300 \cdot 0,0288) \cdot 1,25 = 15,46 \text{ м.}$$

Выводы

I. Механизм движения потока пульпы на нисходящем, горизонтальном и восходящем участках дюкера качественно неодинаков, поэтому гидравлический расчет необходимо проводить раздельно для каждого участка.

2. Предложенная методика дает достаточную для инженерных расчетов точность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Временные технические указания по гидравлическому расчету систем напорного гидротранспорта хвостов и концентратов обогатительных фабрик. Л., изд. Механобра, 1979.

2. Евдокимов П.Д., Сазонов Г.Т. Проектирование и эксплуатация хвостовых хозяйств обогатительных фабрик. М., Недра, 1978.

3. Карасик В.М., Асауленко И.А., Витошкин Ю.К. Интенсификация гидротранспорта продуктов и отходов обогащения горно-обогатительных комбинатов. Киев, Наукова думка, 1976.

4. Покровская В.Н. Пути повышения эффективности гидротранспорта. М., Недра, 1972.