

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Кириченко Е.А. докт. техн. наук, проф., Чеберячко И.М.
канд. тех. наук, доц., Шворак В.Г., аспирант,
Национальный горный университет, Днепропетровск.

Построена экономико-математическая модель гидротранспортной установки. Получены многопараметрические зависимости суммарных приведенных затрат на гидротранспортный комплекс и оптимального диаметра напорного трубопровода от средней скорости транспортирования гидросмеси в рамках многофакторного числового эксперимента.

The economic-mathematical model of the hydrotransport installation is constructed. The multiparametrical dependences of general reduced costs on a hydrotransport complex and optimal diameter of a pressure pipeline from average speed of transportation of slurry are obtained within the framework of multilateral numerical experiment.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Транспорт является одной из основных частей технологического процесса предприятий горно-обогатительной отрасли. По различным оценкам на него приходится 40-70% себестоимости переработки минерального сырья. Государственная научно-техническая программа «Создать и освоить технологии и технические средства, обеспечивающие экологически чистые процессы добычи и переработки полезных ископаемых за счет использования безотходных технологий и утилизации отходов промышленных производств» определяет повышение эффективности работы транспорта как основную задачу современного промышленного производства.

Основным недостатком гидротранспортных установок является их высокая энергоемкость. Существующие методики расчета систем гидротранспорта предполагают транспортирование твердых материалов при скоростях потока гидросмеси на 15-20% выше критических скоростей. При этом не учитывается тот факт, что колебания плотности смеси по всему пути транспортирования являются причиной того,

что при некоторых условиях критическая скорость повышается до величины, большей скорости транспортирования. При этом происходит процесс осаждения твердых частиц на дно трубопровода, т.е. осуществляется процесс заиливания, что приводит к увеличению энергозатрат на транспортирование твердого материала.

Анализ исследований и публикаций. В результате изучения состояния вопроса установлено, что большинство инженерных методов расчета гидротранспорта имеют узкую область применения, ограниченную условиями эксперимента, и базируются на определении характеристик потока гидросмеси, выборе насосно-перекачного оборудования и определении энергоемкости гидротранспорта без учета стоимостных параметров [1-5].

В работах [1, 2] рассматриваются методы расчета режимных параметров гидротранспортной установки (ГТУ), основанные на использовании фиксированных значений исходных данных, т.е. могут быть применимы лишь при постоянстве значений параметров как гидросмеси, так и параметров ГТУ.

Также А.Е. Смолдыревым в работах [3, 4] разработана методика расчета, основанная на различии гранулометрического состава гидросмесей. При этом автор классифицирует гидросмеси на содержащие материалы тонких, мелких, кусковых классов, а также разнофракционные рядовые и мелкие материалы. Рациональные параметры транспортирования определяются из условия минимальности энергетических затрат на транспортирование.

В работе [5] приводится метод оценки эффективности работы гидротранспортных комплексов. Авторами представлены интегральные, погонные, удельные и отвлеченные параметры, используемые при оценке эффективности работы ГТУ.

Представленные выше методы расчета параметров гидротранспортирования твердых материалов [1-5] не учитывают влияние экономического фактора строительства и эксплуатации ГТУ на выбор оптимальных параметров транспортирования.

Постановка задачи. Выполнение оптимизации по энергозатратам, при выборе проектных параметров ГТУ, позволяет повысить к.п.д. установок, однако может приводить к росту их стоимости. Это обстоятельство делает актуальной задачу определения проектных параметров ГТУ на базе экономико-математического моделирования.

Целью данной работы является построение экономико-математической модели гидротранспортной установки, определение

влияния средней скорости транспортирования гидросмеси на суммарные приведенные затраты на гидротранспортный комплекс и выбор величины оптимального диаметра напорного трубопровода.

Изложение материала и результаты. Приведенные затраты, которые учитывают составляющие, зависящие от определяемых параметров, в первом приближении могут быть рассчитаны по формуле:

$$\Pi = \left(E + \alpha_{mp} \right) \kappa_{mp} \rho_{mp} g^{\pi\pi}_{mp} \delta_{mp} \left(D_{вн.тр} + \delta_{mp} \right) + \left(E + \alpha_n \right) C_n \left(N_n \right) + N_n \sigma \tau, \quad (1)$$

где E – коэффициент эффективности капитальных затрат; α_{mp} и α_n – норма амортизации нагнетательного трубопровода и насоса, соответственно; κ_{mp} – строительная стоимость одного килограмма трубопровода, грн/кг; ρ_{mp} – плотность материала трубопровода, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; L_{mp} – длина нагнетательного трубопровода, м; $D_{вн.тр}$, δ_{mp} – внутренний диаметр и толщина стенки трубопровода, м; N_n – мощность, потребляемая насосным агрегатом, кВт; C_n – строительная стоимость насосной установки, принимаемая прямопропорциональной величине потребляемой мощности, грн; τ – время работы комплекса за год, час; σ – стоимость расходуемой энергии, грн/кВт ч.

В качестве примера был выполнен расчет величин средней скорости транспортирования гидросмеси и оптимального диаметра нагнетательного трубопровода при фиксированной плотности гидросмеси для промышленной гидротранспортной установки производительностью 1200 тонн в час по "твердому" и длиной трубопровода 2500 м.

Неизвестные величины, входящие в выражение (1), задавались приближенно, поэтому полученные результаты носят качественный характер. Одновременно с этим, неучет экономической составляющей приведет к получению искаженных данных относительно оптимальных параметров транспортирования гидросмеси.

Ниже представлены наиболее характерные результаты по определению оптимальных параметров работы ГТУ (рисунки 1-3).

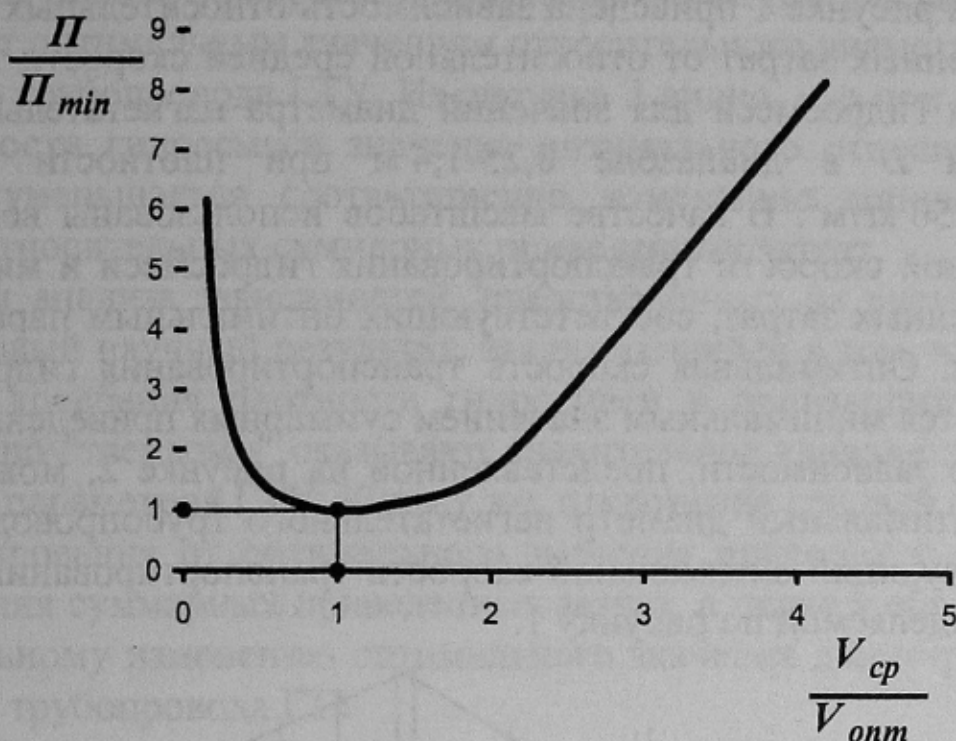


Рисунок 1 – Зависимость относительных суммарных приведенных затрат от относительной средней скорости транспортирования гидросмеси

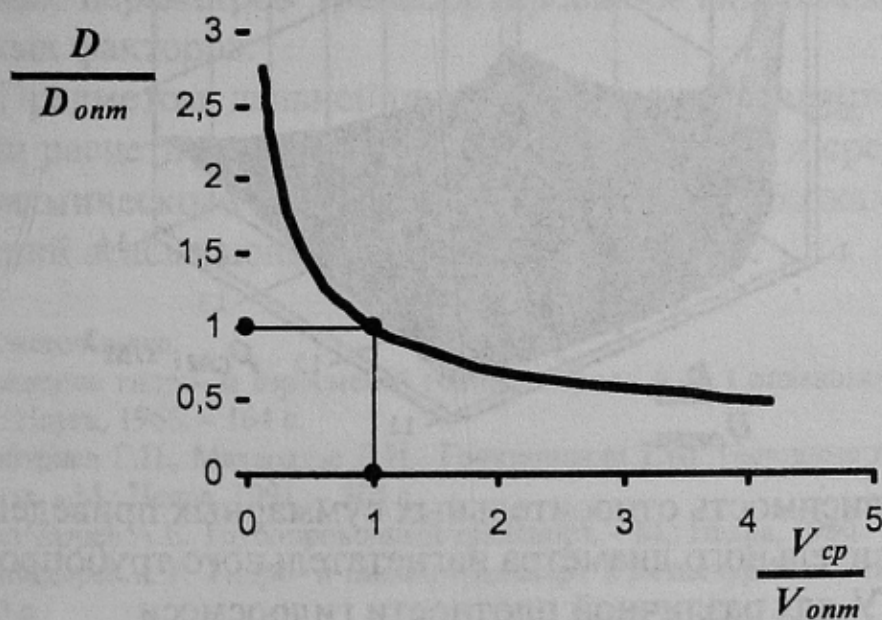


Рисунок 2 – Зависимость относительного диаметра нагнетательного трубопровода от относительной средней скорости транспортирования гидросмеси

На рисунку 1 приведена зависимость относительных суммарных приведенных затрат от относительной средней скорости транспортирования гидросмеси для значений диаметра нагнетательного трубопровода D в диапазоне 0,25-1,4 м при плотности гидросмеси $\rho_{см} = 1250 \text{ кг/м}^3$. В качестве масштабов использованы величины оптимальной скорости транспортирования гидросмеси и минимальных приведенных затрат, соответствующих оптимальным параметрам установки. Оптимальная скорость транспортирования гидросмеси определяется минимальным значением суммарных приведенных затрат.

По зависимости, представленной на рисунке 2, можно определить оптимальный диаметр нагнетательного трубопровода ГТУ, соответствующий оптимальной скорости транспортирования гидросмеси, определяемой по рисунку 1.

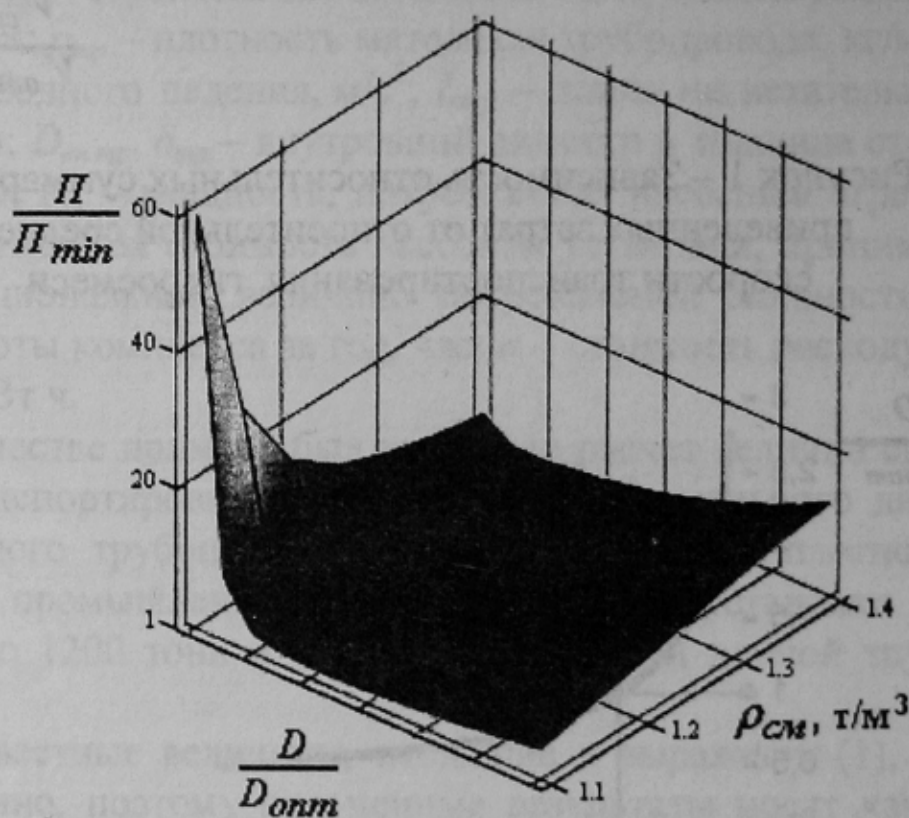


Рисунок 3 – Зависимость относительных суммарных приведенных затрат от относительного диаметра нагнетательного трубопровода ГТУ для различной плотности гидросмеси

На рисунке 3 приведена многопараметрическая зависимость относительных суммарных приведенных затрат от относительного диаметра нагнетательного трубопровода при плотности гидросмеси $\rho_{см}$ в диапазоне значений 1,1-1,4 т/м³. В качестве масштабов использованы величины оптимального диаметра нагнетательного трубопровода и минимальных приведенных затрат.

Темная полоса на образованной поверхности (см. рисунок 3) соответствует оптимальным значениям относительного диаметра нагнетательного трубопровода ГТУ. Из рисунка 3 видно, что при увеличении плотности гидросмеси значение оптимального относительного диаметра уменьшается соответственно изменению минимального значения относительных суммарных приведенных затрат.

Путем анализа зависимостей, представленных на рисунках 1-3, получен новый научный результат, заключающийся в том, что существующие колебания плотности гидросмеси и производительности установки по "твердому" оказывают значительное влияние на выбор режимных параметров ГТУ. К тому же, отклонение средней скорости транспортирования от оптимального значения приводит к увеличению значения суммарных приведенных затрат, а также к обратнопропорциональному изменению оптимального значения диаметра нагнетательного трубопровода ГТУ.

Выводы и направление дальнейших исследований. Анализ результатов позволяет сделать вывод о целесообразности применения специальных мер, обеспечивающих стабилизацию режимов работы гидротранспортной установки по плотности транспортируемой пульпы, а также целесообразности предварительного определения оптимальных параметров транспортирования гидросмеси с учетом стоимостных факторов.

Предметом дальнейших исследований является разработка методики расчета оптимальных параметров ГТУ и средств программно-алгоритмического обеспечения, а также разработка специальных конструкций всасывающих устройств и зумпфов.

Список источников.

1. Движение гидро- и аэросмесей горных пород / А.О. Спиваковский, А.Е. Смолдырев – М.: Наука, 1966. – 164 с.
2. Дмитриев Г.П., Махарадзе Л.И., Гочиташвили Т.Ш. Напорные гидротранспортные системы. – М.: Недра, 1991. – 304 с.
3. Смолдырев А.Е. Трубопроводный транспорт. – М.: Недра, 1980. – 390 с.
4. Смолдырев А.Е. Гидро- и пневмотранспорт в металлургии. – М.: Металлургия, 1985. – 383 с.
5. Проблемы разработки россыпных месторождений / И.Л. Гуменик, А.М. Сокил, Е.В. Семеновко, В.Д. Шурыгин – Днепропетровск: Січ, 2001. – 224 с.