

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СРАВНЕНИЯ ЗАТРАТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ГИДРОСНАБЖЕНИЯ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ЗАБОЕВ

В.А. Линёв, ОАО "Новгородский машиностроительный завод"

При проектировании систем гидроснабжения комплексно-механизованных очистных забоев шахт, разрабатывающих крутые пласты, способ питания потребителей должен основываться на технико-экономических расчетах.

Оценка технической и экономической целесообразности той или иной схемы возможна только в том случае, если имеются четкие условия сравнения и выработана экономико-математическая модель.

Для сравнения различных вариантов подвода гидравлического питания к потребителям очистного забоя приняты следующие основные методические положения:

- сравниваемые варианты рассматриваются в идентичных горнотехнических условиях;
- каждый вариант представлен своей лучшей модификацией;
- для всех вариантов принимаются фиксированная суточная нагрузка шахты, способ проведения и поддержания подготовительных выработок, режим работы шахты, форма организации труда;
- сравнение вариантов производится в пределах этажа;
- алгоритмы для всех вариантов разрабатываются едиными;
- основные гидравлические параметры сравниваемых систем (уровень давления, расход рабочей жидкости и др.) должны быть одинаковыми.

Критерием оценки экономичности принимается сумма эксплуатационных и капитальных затрат с учетом эффективности использования последних.

Исходя из принятых условий сравнения, экономико-математическая модель системы или целевая функция затрат будет иметь вид:

$$Z = \sum K_i \cdot (E + P_a) + C_g + M(y) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где K_i – капитальные затраты на i -й вариант системы гидроснабжения;

E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

P_a – коэффициент амортизационных отчислений;

C_g – годовые эксплуатационные затраты;

$M(y)$ – математическое ожидание экономического ущерба от перебоев гидроснабжения из-за отказов элементов гидроснабжения.

Данная модель позволяет сравнивать различные варианты схем гидроснабжения.

Годовые эксплуатационные затраты C_g представляют собой затраты на материалы, потери гидроэнергии в сети, обслуживание гидрооборудования, перемещение насосной станции и др.

Учитывая, что стоимость годовых потерь гидроэнергии от магистрали до потребителей для всех вариантов примерно одинаковая, из дальнейших расчетов их исключаем. Аналогично исключаем и затраты на обслуживание установок.

Рассмотрим структуру капитальных затрат гидравлической системы очистного забоя.

Суммарные капитальные затраты должны включать показатели насосной установки и гидравлической сети, то есть:

$$Z_c = Z_{н.у.} + Z_{м.с.}, \quad (2)$$

где Z_c – приведенные затраты гидравлической системы;

$Z_{н.у.}$ – приведенные затраты на оборудование насосной установки;

$Z_{м.с.}$ – приведенные затраты на оборудование гидравлической сети (магистральная линия).

Приведенные затраты на оборудование и эксплуатацию насосной установки могут быть определены из выражения:

$$Z_{н.у.} = (E + P_a) \cdot K_n + \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \cdot P_n \cdot \tau_n \cdot C_l, \quad (3)$$

- где K_n — стоимость насосной станции с учетом монтажа, тыс. грн.;
 S — фактическая усредненная нагрузка высоконапорного насоса насосной установки, кВт;
 S_n — номинальная мощность высоконапорного насоса насосной установки, кВт;
 P_n — потери мощности высоконапорного насоса насосной установки, кВт;
 τ_n — продолжительность работы насосной установки под нагрузкой, ч;
 C_l — стоимость 1 кВт·ч гидравлической энергии.

На рис. 1 представлена зависимость капитальных затрат K_n от номинальной мощности насосной установки S_n для условий шахт Центрального района Донбасса. Использование этой зависимости в экономических расчетах приводит к уравнению вида:

$$K_n = 3,4 + 0,0062 \cdot S_n. \quad (4)$$

Составляющая приведенных затрат насосной установки может быть выражена следующей формулой:

$$\begin{aligned} (E + P_a) \cdot K_n &= (E + P_a) \cdot 3,4 + (E + P_a) \cdot 0,0062 \cdot S_n = \\ &= 0,73 + 0,0013 \cdot S_n. \end{aligned} \quad (5)$$

Потери мощности в насосной установке могут быть представлены выражениями вида:

$$P_n = P'_n + P''_n \cdot S_n, \quad (6)$$

$$P_x = P'_x + P''_x \cdot S_n, \quad (7)$$

где P'_n, P'_x — не зависящая от мощности насосной установки часть потерь, кВт;

$P_n'' \cdot S_n, P_x'' \cdot S_n$ – зависящая от мощности насосной установки часть потерь, кВт.

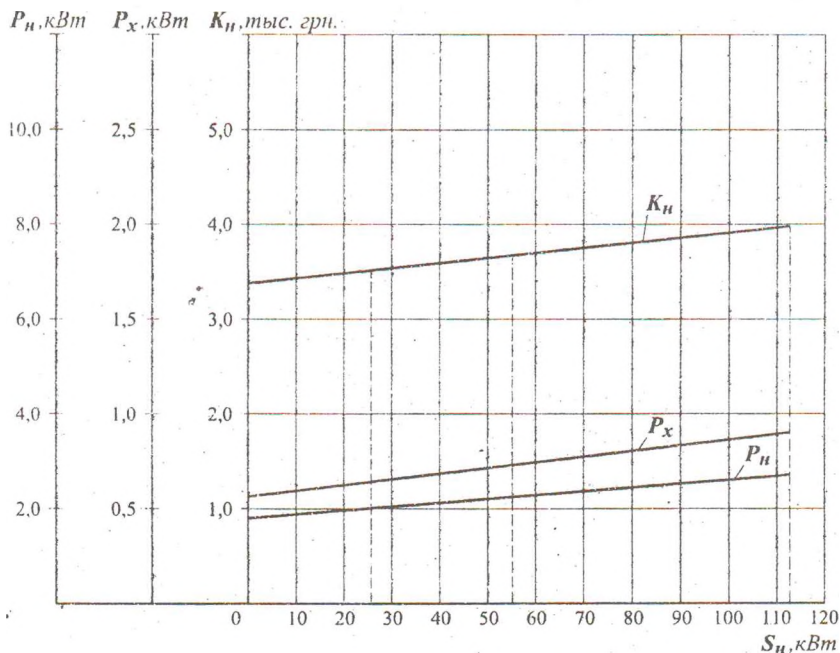


Рис. 1. Зависимость капитальных затрат и потерь мощности от номинальной мощности насосной станции

Значения P_n', P_x', P_n'', P_x'' определяются из графика, приведенного на рис. 1.

Тогда выражения (6) и (7) будут иметь вид:

$$P_n = 1,8 + 0,0057_n \cdot S_n, \quad (8)$$

$$P_x = 0,54 + 0,0034_x \cdot S_n, \quad (9)$$

Подставляя (8) и (9) в выражение (3), получим:

$$Z_{n,y} = 0,771 + 0,0015 \cdot S_n + 0,036 \cdot \left(\frac{S}{S_n}\right)^2 + 0,00012 \cdot \frac{S^2}{S_n}. \quad (10)$$

При определении приведенных затрат распределительной гидравлической сети учитываются только отчисления от стоимости магистральных линий, так

как потери энергии в таких сетях, как правило, незначительны и, при выполнении расчетов общего характера, могут не приниматься во внимание.

Выражение для определения затрат на оборудование гидравлической магистральной сети имеет вид:

$$Z_{м.с.} = (E + P_a) \cdot K_c \cdot L_c, \quad (11)$$

где K_c – стоимость 1 м линии с учетом затрат на прокладку, грн.;

L_c – длина магистральной линии, м.

По данным ПО "Артемуголь" прокладка 1 м магистральной линии, с учетом стоимости рукавов, составляет 5,6 грн. С учетом этого, приведенные затраты определяются из выражения:

$$Z_{м.с.} = 10^{-3} \cdot 0,968 \cdot L_c. \quad (12)$$

Тогда выражение (2) будет иметь вид:

$$Z_c = 0,771 + 0,0015 \cdot S_n + 0,036 \cdot \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 + 0,00012 \cdot \frac{S^2}{S_n} + 10^{-3} \cdot 0,968 \cdot L_c. \quad (13)$$

Эксплуатационные потери (стоимость потерь гидравлической энергии в фидерной линии) определяются из выражения:

$$C_3 = \Delta P \cdot \tau \cdot C_l, \quad (14)$$

где ΔP – потери гидравлической мощности в сети, кВт;

τ – продолжительность работы гидравлической системы под нагрузкой в год, ч.

Потери гидравлической мощности в сети определяются расчетным путем в зависимости от давления и диаметра трубопровода сети

$$\Delta P = (0,008 - 0,0098) \cdot P_n.$$

Тогда выражение (14) примет вид:

$$C_3 = 0,009 \cdot \tau \cdot C_l. \quad (15)$$

Математическое ожидание ущерба от перерыва гидроснабжения определяется из выражения:

$$M(y) = Q \cdot \bar{P}_o(n) \cdot Ц, \quad (16)$$

где $\bar{P}_o(n)$ – вероятность аварийного перерыва гидроснабжения забойного гидропривода из-за отказов гидрооборудования.

В окончательном виде экономико-математическая модель сравнения затрат имеет вид:

$$Z = 0,771 + 0,0015 \cdot S_n + 0,036 \cdot \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 + 0,00012 \cdot \frac{S^2}{S_n} + 10^{-3} \cdot 0,968 \cdot L_c + 0,009 \cdot \tau \cdot C_1 + Q \cdot \bar{P}_o(n) \cdot Ц \rightarrow \min. \quad (17)$$