

А.А. Гриченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ С ПОДАЧЕЙ СУСПЕНЗИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫМ НАСОСОМ

Процесс фильтрования при подаче суспензии на фильтр центробежным насосом, протекающий при переменных значениях разности давлений Δp и скорости фильтрования v , широко распространен в промышленности. Однако публикаций по данной проблеме, к сожалению, недостаточно.

Наиболее общей постановкой оптимальной задачи служит выражение критерия оптимизации в виде экономической оценки [4]. С использованием этого критерия, как обобщенного показателя эффективности производства [5], в [6,7] рассмотрено определение оптимальных режимных параметров фильтра периоди-

ческого действия, работающего при $\Delta p = \text{const}$ или $w = \text{const}$. Показано, что при неизменных капитальных затратах максимуму прибыли соответствует максимум целевой функции

$$C = \frac{q}{k_{\phi 1} (\tau_{\phi} + \tau_{\text{п}} \bar{k}_{\text{п}1} + \tau_{\text{в}} \bar{k}_{\phi 1})}, \quad (1)$$

где $\bar{k}_{\text{п}1} = \frac{k_{\text{п}1}}{k_{\phi 1}}$, $\bar{k}_{\text{в}1} = \frac{k_{\text{в}1}}{k_{\phi 1}}$; $k_{\phi 1}$, $k_{\text{п}1}$, $k_{\text{в}1}$ — соответственно

стоимости единиц времени стадии фильтрования, промывки осадка и вспомогательных операций, соответственно отнесенные к единице поверхности фильтрования, руб/с·м²; τ_{ϕ} , $\tau_{\text{п}}$, $\tau_{\text{в}}$ — продолжительности стадии фильтрования, промывки осадка и вспомогательных операций соответственно, с; q — количество фильтрата, получаемого за цикл с единицы поверхности фильтрования, м³/м² или м.

Критерий оптимизации может быть использован и в случае, когда Δp и w переменны.

Принимаем: $\tau_{\text{в}}$ не зависит от τ_{ϕ} , $k_{\phi 1} = \text{const}$. Если в рабочем цикле имеется операция продувки осадка, то предполагается, что продолжительность ее включена в продолжительность вспомогательных операций.

Из (1) можно легко установить, что только при $k_{\phi 1} = k_{\text{п}1} = k_{\text{в}1} = k_1 = \text{const}$ оптимальные параметры процесса совпадают с параметрами, соответствующими максимальной производительности фильтра.

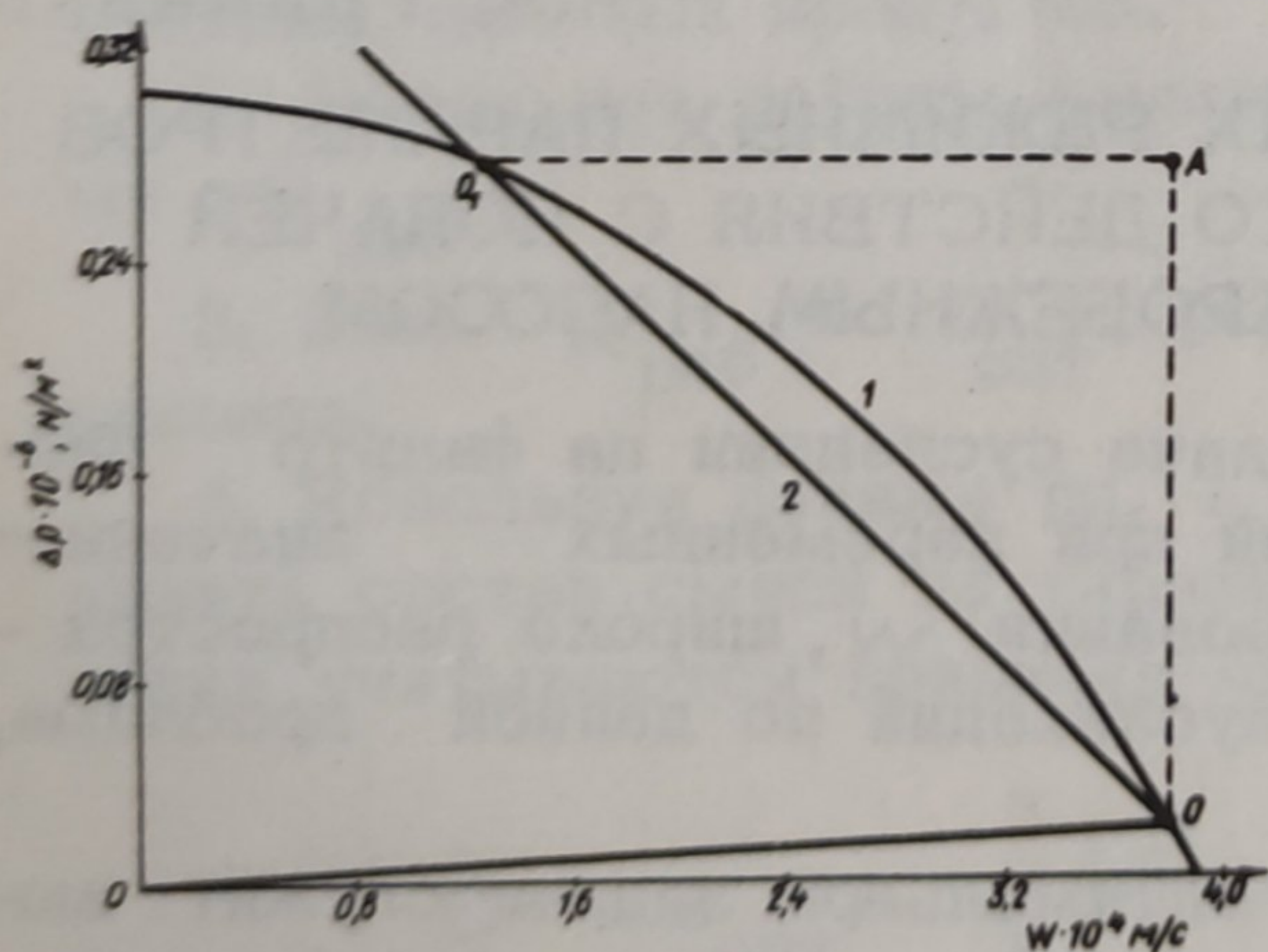


Рис. 1. Зависимость разности давлений на фильтре от скорости фильтрования.

Для получения аналитических выражений, определяющих режимные параметры процесса, с использованием критерия оптимизации (1) необходимо установление зависимостей τ_{ϕ}

$= f(q)$, $\tau_{\text{п}} = f(q)$. При заданной напорной характеристике насоса для заданной сети легко определяется закон изменения разности давлений на фильтре в зависимости от производительности насоса, отнесенной к единице фильтрующей поверхности, т.е. от скорости фильтрования. Изобразим зависимость $\Delta p = f(w)$ в виде графика (рис. 1, кр. 1).

Определение точек начала 0 и окончания 0_1 работы фильтра рассмотрено в [3].

В работе [8] показано, что если зависимость $\Delta p = f(w)$ аппроксимировать отрезком $0-0_1$ прямой 2 (рис. 1) по уравнению

$$\Delta p = \Delta p_0 - k_0 w,$$

то расчет процесса фильтрования может быть с достаточной для практики точностью проведен по формуле

$$\tau_{\text{ф}} = \frac{(a+k_0)q}{\Delta p_0} + \frac{bq^2}{2\Delta p_0}, \quad (2)$$

где $a = \mu R_{\text{ф.п}}$, $b = \mu x_0 r_0$, μ — вязкость фильтрата, нс/м^2 ; r_0 — объемное удельное сопротивление осадка, $1/\text{м}^2$; $R_{\text{ф.п}}$ — сопротивление фильтровальной перегородки, $1/\text{м}$; x_0 — отношение объемов влажного осадка и фильтрата.

Переменное значение объема полученного фильтрата в зависимости от текущего значения скорости фильтрования определяется по формуле [8]:

$$q = \frac{\Delta p_0 - w(a+k_0)}{bw}.$$

Пренебрегая возможным отличием удельных весов на стадиях фильтрования и промывки, время промывки определим по формуле

$$\tau_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пр}} x_0 q}{w_{\text{пр}}} = E q + B q^2,$$

$$\text{где } E = \frac{V_{\text{пр}} x_0 \mu_{\text{пр}} (R_{\text{ф.п}} + \frac{k}{\mu})}{\Delta p_0}, \quad B = \frac{V_{\text{пр}} x_0^2 \mu_{\text{пр}} r_0}{\Delta p_0},$$

$V_{\text{пр}}$ — опытное значение расхода промывной жидкости на единицу объема влажного осадка, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Имея в виду формулу (2), легко выразить зависимость q и $\tau_{\text{пр}}$ от $\tau_{\text{ф}}$. Подставив значения q и $\tau_{\text{пр}}$ в формулу (1) и приравняв первую производную $\partial c / \partial \tau_{\text{ф}}$ к нулю, получим

$$\tau_{\text{ф.опт}} = \frac{\tau_{\text{в}} \bar{k}_{\text{в1}} + 2D \sqrt{\left(\frac{1}{A} + B\bar{k}_{\text{п1}}\right) \tau_{\text{в}} \bar{k}_{\text{в1}}}}{1 + AB\bar{k}_{\text{п1}}}, \quad (3)$$

где $D = \frac{a+k_0}{b}$, $A = \frac{2\Delta p_0}{b}$.

С использованием формулы (3) и выражений, определяющих комплексы параметров A , B , D , a , b , могут быть написаны развернутые формулы для различных вариантов.

Рассмотрим некоторые частные случаи формулы (3). При равенстве стоимостей единицы времени фильтрования и промывки $\bar{k}_{\text{п1}} = 1$, и формула (3) упрощается. Если дополнительно

$k_{\text{в1}} = 1$, то $\tau_{\text{ф.опт}}$ будет совпадать со временем фильтрования, обеспечивающим получение за цикл максимального количества фильтрата.

Из соотношения (3) при $\Delta p = \Delta p_0 = \text{const}$ можно получить расчетное уравнение для определения $\tau_{\text{ф.опт}}$ процесса при постоянной разности давлений, так как процесс — частный случай рассматриваемого. Принимая дополнительно $k_{\text{п1}} = k_{\text{в1}} = 1$; легко написать выражение, определяющее время фильтрования при максимальной производительности фильтра для процесса при $\Delta p = \text{const}$.

При отсутствии в рабочем цикле операции промывки $V_{\text{пр}} = 0$. Если сопротивлением фильтровальной перегородки можно пренебречь, то в формуле (3) необходимо принять $a = 0$.

С использованием формул (2) и (3) может быть определен объем фильтрата, получаемый с единицы поверхности фильтрования в оптимальных условиях проведения процесса:

$$q_{\text{опт}} = \sqrt{A \tau_{\text{в}} \bar{k}_{\text{п}} k_{\text{в1}}}, \quad (4)$$

где $\bar{\tau}_п = \frac{1}{1 + AB\bar{k}_{п1}}$ — безразмерный коэффициент, учитывающий наличие в цикле операции промывки. В этом случае $\bar{\tau}_п < 1$. В случае отсутствия операции промывки осадка $\bar{\tau}_п = 1$.

Как видно из формул (4), величина $q_{опт}$ не зависит от сопротивления фильтровальной перегородки и углового коэффициента прямой. Таким образом, для обеспечения оптимальных условий работы за цикл независимо от $R_{ф.п}$ необходимо получать один и тот же объем фильтрата и заканчивать процесс при одной и той же оптимальной толщине слоя осадка:

$$\delta_{опт} = q_{опт} x_o = \sqrt{A \tau_v \bar{\tau}_п \bar{k}_{в1} x_o^2} \quad (5)$$

Эти выводы могут быть использованы при проведении производственных операций фильтрования при подаче суспензии центробежными насосами.

По формулам (3), (4), (5) легко оценить влияние изменения различных факторов ($R_{ф.п}$, x_o , r_o , μ) на оптимальные режимные параметры процесса. Анализ показывает, что формулы для определения оптимальных параметров, установленные при линеаризации зависимости $\Delta p = f(w)$, позволяют рассчитать их с погрешностью не более 5%.

Для сравнения заметим, что погрешность расчета по обычному методу [9], при котором зависимость $\Delta p = \varphi(w)$ заменяется ломаной $OA O_1$ (см. рис. 1), не менее 15%.

Формулы (3) — (5) с достаточной для практических расчетов точностью применимы и в случае малосжимаемых осадков, когда для точки, соответствующей среднему в рабочем интервале значению скорости фильтрования $w_{ср}$,

$$\left(1 - \frac{k_o}{\Delta p_o} w_{ср}\right)^s \approx 1 \quad (6)$$

В этом случае r_o определяется по формуле

$$r_o = r_o' (\Delta p_o)^s,$$

где r_o' — коэффициент пропорциональности; s — показатель сжимаемости осадка.

Условие (6) без существенной погрешности может быть принято при значениях s от 0 до 0,4.

Для сильносжимаемых осадков аналитические зависимости для определения оптимальных параметров чрезмерно громоздки. И в этом случае наиболее целесообразным представляется использование графических методов.

Расчетное исследование показывает, что переход от режима максимальной производительности к оптимальному обеспечивает уменьшение экономических затрат при $\bar{k}_{v1} = 2$ на 7--10%. С ростом относительной стоимости вспомогательных операций, выполняемых, как правило, вручную, экономический выигрыш возрастает и при $\bar{k}_{v1} = 4$ составляет уже 20--25%. Эти данные подтверждают высокую эффективность экономической оптимизации.

Л и т е р а т у р а

1. Epstein N. Grafical determination of maximum capacity of washing filter press. - Can. J. Technol., 1954, 32, № 4, p. 164.
2. Кругляков П.М. О расчете максимальной производительности фильтров периодического действия. -- "Химическое и нефтяное машиностроение", 1965, №7, с.18.
3. Жужиков В.А. Фильтрование. М., 1971.
4. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. М., 1969.
5. Островский Г.М., Волин Ю.М. Методы оптимизации сложных химико-технологических схем. М., 1970.
6. Гриченко А.А. Оптимизация режимных параметров фильтра периодического действия. -- "Химическая промышленность", 1975, № 6.
7. Гриченко А.А. Определение оптимальных параметров процесса фильтрования при постоянной скорости. -- "Химическое и нефтяное машиностроение", 1975, № 8.
8. Гриченко А.А., Шпанов Н.В. О методах расчета процесса фильтрования при подаче суспензии центробежным насосом. -- "Химическое и нефтяное машиностроение", 1973, № 6.