

# АНАЛИЗ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЖИДКОСТНО-КОЛЬЦЕВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ МАШИНАХ ПРИ ДОБЫЧЕ ШАХТНОГО МЕТАНА

*В.Н. Козин*

В настоящее время не только на территории Донбасса, но и во всей Украине очень остро стоит проблема по проведению дегазации и утилизации шахтного метана. Решение данной проблемы позволило бы решить сразу две задачи – улучшить безопасность шахт и шахтерских городов и уменьшить выброс метана в атмосферу (влияние  $\text{CH}_4$  на «парниковый эффект» в 22 раза интенсивней чем  $\text{CO}_2$ ).

Концентрация метана при откачке его из шахты составляет порядка 25-40%, что делает возможным его дальнейшее использование в качестве топлива для газо-поршневых, газотурбинных установок, теплостанций. В данном случае также возникает проблема в подборе типа и проектировании вакуумного насоса. Как вариант, в качестве вакуумного насоса предлагается жидкостно-кольцевая компрессорная машина (ЖКМ).

Недостатком ЖКМ является низкий изотермический КПД, достигающий при загнутых вперед лопатках 30 – 40 % (у крупных машин – до 52 %), а, следовательно, высокое значение мощности, обусловленное необходимостью вращения жидкостного кольца. В ЖКМ потери на гидравлическое трение составляют до половины всех потерь, затрачиваемых машинами данного класса для сжатия газов. В связи с этим весьма актуальной является задача исследования потерь механической энергии в жидкостном кольце машины с целью их снижения.

Мощность  $N_e$  на валу ЖКМ условно разделим на 3 составляющие:

$$N_e = N_{cse} + N_A + N_{\Pi} , \quad (1)$$

где  $N_{cse}$  – мощность, затрачиваемая на сжатие парогазовой смеси, включая потери в окнах и потери, связанные с термодинамическим несовершенством цикла машины;  $N_A$  – мощность гидродинамических потерь, затрачиваемая на перемещение жидкостного кольца;  $N_{\Pi}$  – потери мощности в подшипниках и торцевых уплотнениях.

Если составляющие  $N_{cse}$  и  $N_{\Pi}$  хорошо исследованы, и для их определения существуют разработанные математические модели, то с определением мощности гидродинамических потерь дело обстоит несколько хуже.

Так согласно одной из методик по определению мощности гидродинамических потерь предлагается определять мощность гидродинамических потерь в следующем виде:

$$N_{\bar{A}} = N_R + N_W \quad (2)$$

Автор вводит коэффициенты мощности:  $K_R$ , учитывающий составляющую мощности  $N_{\bar{A}}$ , связанную с вращательным движением жидкостного кольца внутри корпуса, которую обозначает  $N_R$ ; и  $K_W$  (составляющая мощности соответственно  $N_W$ ) – мощность гидродинамических потерь, связанных с относительным движением жидкости в колесе ЖКМ.

Слагаемые  $N_R$  и  $N_W$  определяются следующим образом:

$$N_R = K_R \cdot \rho \cdot \omega_2^3 \cdot R_2^5 \quad (3)$$

$$N_W = K_W \cdot \rho \cdot R_2 \cdot B_2 \cdot (\omega_2 \cdot R_2 \cdot \bar{e})^3 \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность рабочей жидкости;  $\omega_2$  – угловая скорость вращения рабочего колеса ЖКМ;  $R_2$  – радиус рабочего колеса ЖКМ;  $\bar{e}$  – относительный эксцентриситет;  $K_W = f(\text{Re}_W)$  – коэффициент мощности в относительном движении, определяется критерием Рейнольдса в относительном движении:

$$\text{Re}_W = \frac{\bar{e} \cdot U_2 \cdot 4 \cdot R_{AW}}{v_{\omega}} = \frac{\bar{e} \cdot R_2 \cdot \omega_2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot B_2}{v_{\omega} \cdot (2 \cdot \pi \cdot R_2 + z \cdot B_2)}, \quad (5)$$

где  $z$  – количество лопаток рабочего колеса.

$K_R = f(\text{Re}_R)$  – коэффициент мощности во вращательном движении, определяется критерием Рейнольдса во вращательном движении:

$$\text{Re}_R = \frac{U_2 \cdot D_2}{v_{\omega}} = \frac{2 \cdot R_2^2 \cdot \omega_2}{v_{\omega}}, \quad (6)$$

На основании предварительно полученных результатов расчета ЖКМ для различных рабочих сред (метанол, дизельное топливо, масло трансформаторное, вода и пр.) при откачке шахтного метана с концентрацией 10 – 30 % могут быть получены новые зависимости  $K_R = f(\text{Re}_R)$  и  $K_W = f(\text{Re}_W)$ , согласно которым можно дополнительно уточнить значение мощности гидродинамических потерь  $N_{\bar{A}}$  и выявить пути ее уменьшения.