

ЭНЕРГОБАЛАНС ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Лазуткина Н.А., Игнатов С.Н., Лазуткин С.Л.

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
Муром, Россия

Современные тенденции развития станкостроения показывают, что предъявляемые требования по надежности, экономичности и производительности становятся все более жесткими. Под энергобалансом технологического оборудования понимается равенство подводимой к системе энергии E и суммы полезной энергии на исполнительном органе E_n и диссипативных потерь энергии внутри системы ΔE : $E = E_n + \Delta E$. Слагаемое ΔE представляет собой сумму потерь энергии в отдельных элементах и кинематических парах системы. Экспериментальное определение потерь энергии в отдельных элементах в составе привода представляет огромные трудности. При аналитическом определении потерь в элементах технологического оборудования необходимо учитывать ряд особенностей. Энергия потерь, рассеиваемая в приводе машины, расходуется на преодоление сил сопротивления в зацеплении зубчатых колес, подшипниках, уплотнениях и на перемешивание масла.

При определении потерь в элементах, как правило, используются эмпирические зависимости, которые оценивают всю совокупность диссипативных потерь. Потери в подшипниках качения принято оценивать моментом сопротивления T_{II} , который можно определить из выражений: для шарикоподшипника: $T_{II} = 0,5 f F [F / (0.1C)]^{0.33} d$,

$$\text{для роликоподшипника: } T_{II} = 0,5 f F [F / (0.1C)]^{0.33} d.$$

Потери в зубчатом зацеплении оцениваются коэффициентом потерь φ по методике Е.Н. Ушакова:

$$\varphi = \frac{f}{m_t \cos \alpha_{tw}} \left(\frac{1}{z_1} \pm \frac{1}{z_2} \right) \frac{g_f^2 + g_a^2}{g_f + g_a}.$$

Момент трения в уплотнениях: $T_Y = 5 \cdot 10^{-7} \pi f P_r l d_Y$. Потери на перемешивание и разбрызгивание масла с достаточной точностью определяется по методике В.Н. Кудрявцева:

$$\Delta P_M = 0.04 d_w l b_w \omega_I [2Vv / (z_1 + z_2)]^{0.5}.$$

Потери внутри системы можно условно разделить на две группы: условно-постоянные и переменные. К условно-постоянным относятся потери холостого хода и потери при пусках и торможениях, связанные с разгоном инерционных масс. Вторая группа потерь включает в себя потери, связанные с динамическим характером внешней нагрузки. При определении потерь необходимо рассматривать трансмиссию совместно с приводным двигателем, так как потери в двигателе ($\cos \varphi$) существенно зависят от загрузки его по мощности. При этом необходимо отметить, что привод ведет себя как единое целое, имея общую резонансную частоту (частоты), что объясняется наличием кинематических и других видов связей между элементами. Также при составлении математической модели оценки потерь необходимо учитывать коэффициент демпфирования как трансмиссии, так и в самом двигателе. Поскольку при динамическом внешнем воздействии внутри системы рассеивается дополнительное количество энергии, то необходимо в модель оценки потерь в приводе включить модель формирования внешней нагрузки на исполнительном органе. Это позволит оценить потери в системе в реальных условиях эксплуатации, а также, исходя из полученных данных, разработать методы по их снижению. Сокращение потерь энергии в технологическом оборудовании позволяет повысить ресурс и снизить энергоемкость производства детали. Имея математические модели определения потерь мощности в технологическом оборудовании и оптимизации элементов режима резания, возможно осуществлять комплексные мероприятия по снижению энергоемкости производственного процесса. Эти мероприятия будут заключаться в оптимальном выборе метода, режима обработки и типа технологического оборудования с учетом индивидуальных особенностей как процесса резания, так и технологической машины.