

УДК 621.9.01

Проблемы эффективного использования энергии машиностроительного оборудования

Лазуткина Н.А., Мошнина Е.Н.

Работа посвящена применению энергосберегающих технологий, позволяющих компенсировать сокращение потребления энергии и снизить ее потери.

Ключевые слова: энергосбережение, энергия.

Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) относятся к невозполнимым природным запасам, потребление которых длительное время не соответствовало их рациональному и эффективному использованию. Поэтому в настоящее время проблема экономии и рационального использования ТЭР является одной из глобальных проблем, так как затрагивает все сферы деятельности и от ее решения зависит развитие техники и технологий.

Решать данную проблему в рамках машиностроительного производства можно, используя энергетический подход к сущности самого производственного процесса. Все производство можно представить как процесс преобразования подводимой к нему энергии в полезную с неминуемыми отходами, характеризующимися энтропией. Тогда основную производственную силу процесса, масштабы производства, производительность труда и экономическую эффективность производства можно оценивать по эффективности использования энергии.

Деградация энергии в процессе ее преобразования объясняется наличием энтропии, которая характеризует непосредственное рассеяние энергии, неоптимальность тех. процессов, нерациональность выбора схем и параметров оборудования, недостаточный уровень эксплуатации оборудования, неоптимальность кинематических, динамических и энергетических схем оборудования, неоптимальность воздействия машины на заготовку, шум, вибрацию, износ, недостаточность и

необъективность информации о работе оборудования [1].

Все это проявляется в низком КПД недостаточной точности обработки, перезагрузке или недогрузке оборудования, нерациональности грузовых и технологических потоков, что в конечном итоге выражается излишними расходами энергии. Например, из общего расхода энергии за смену постоянные потери в агрегатах составляют 67%, нагрузочные потери - 5,5% и только оставшиеся 27,5% полезной энергии расходуется на обработку, что связано с избыточной мощностью и низкой загрузкой станков [2].

В связи с этим требуются качественно новые критериальные показатели при создании и внедрении нового оборудования и технологий. Использование методов анализа, не включающих в себя энергетическую сущность функционирования производства, приводят к неоправданным размерам инвестиций, неэффективной работе оборудования и нерациональному использованию ТЭР.

Для оценки энергопотребления можно использовать показатель удельной энергоёмкости производства (процесса, продукция определяющий отношение затрат энергии к объёму произведённой продукции (работы)). $Cэ = Э/Q$. Этот показатель позволяет оценить энергоёмкость отдельных производств и тех. процессов, а также может выступать одним из критериев при разработке новых перспективных тех. процессов и оборудования и анализе существующих.

Применение энергосберегающих технологий позволит компенсировать сокращение потребления энергии и снизить ее потери.

Согласно ряду исследований зарубежных и отечественных ученых экономия энергии при усовершенствовании и модернизации конструкции технологического оборудования может достигать 40% [3]. Одним из возможных направлений экономии энергии является снижение потерь мощности в зубчатых передачах коробок скоростей и подач станков. Потери мощности в передачах складываются из потерь на трение в подшипниках N_T' , мощности, затрачиваемой на трение скольжения в зубьях N_T'' , и мощности, затрачиваемой на перекачивание зубьев друг по другу N_T''' :

$$N_T = N_T' + N_T'' + N_T''' \quad (1)$$

Повышение КПД зубчатой передачи возможно при уменьшении величины N_T'' путем снижения скорости скольжения зубьев:

$$N_T'' = F_{ск} \cdot V_{ск} \quad (2)$$

где $F_{ск}$ - сила трения скольжения; $V_{ск}$ ~ скорость скольжения.

Снижение скорости скольжения можно достичь путем рационального выбора коэффициентов смещения шестерни и колеса:

$$V_{ск} = [|\omega_1| + |\omega_2|] \cdot l, \quad (3)$$

где ω_1, ω_2 - угловые скорости колес 1 и 2; l - расстояние от мгновенного центра вращения в относительном движении колес 1 и 2 до точек соприкосновения профилей.

После ряда математических преобразований получаем выражение мощности трения скольжения зубьев друг по другу, которое принимает вид:

$$N_T'' = \frac{1}{2} F_{ск} (\omega_1 + \omega_2) \cdot \left[\begin{aligned} & \left(r_{b2} \left(\operatorname{tg} \left(\arccos \left(\frac{r_{b2}}{r_{a2}} \right) \right) - \operatorname{tg} \alpha_w \right) \right)^2 + \\ & \left(r_{b1} \left(\operatorname{tg} \left(\arccos \left(\frac{r_{b1}}{r_{a1}} \right) \right) - \operatorname{tg} \alpha_w \right) \right)^2 \end{aligned} \right] \quad (4)$$

$$\text{при этом } \operatorname{inv} \alpha_w = \operatorname{inv} \alpha + \frac{2(x_1 + x_2) \operatorname{tg} \alpha}{Z_1 + Z_2},$$

где $\alpha = 20^\circ$ - угол исходного профиля; α_w - угол зацепления; r_{b1}, r_{b2} - радиусы основных окружностей колес 1 и 2; r_{a1}, r_{a2} - радиусы окружностей вершин зубьев колес 1 и 2.

Очевидно, что варьирование коэффициентов смещения зубчатых колес приведет к изменению контактной прочности зубьев. При этом следует учесть, что фактическое контактное напряжение для скорректированной передачи будет равно:

$$\sigma_H^k = \sigma_H K_\tau,$$

где σ_H - контактное напряжение для некорректированной передачи;

$K_\tau = \sqrt{\frac{\sin 2\alpha}{\sin 2\alpha_w}}$ - поправочный коэффициент.

Таким образом, условие $\sigma_H \leq [\sigma_H]$ является ограничивающим фактором при подборе коэффициентов x_1 и x_2 с целью минимизации потерь мощности на скольжение зубьев N_T .

Затраты на энергосбережение в 7 раз эффективнее, чем строительство новых энергетических блоков. Это подтверждается статистическими данными энергопотребления в отдельных промышленно-развившихся странах [1].

Технологическое оборудование является одним из звеньев в цепи преобразования энергии. Потери на этом этапе обусловлены, как указывалось выше, несовершенством принципиальных и организационных схем и параметров, а также неоптимальностью условий эксплуатации. На энергоёмкость механической обработки значительное влияние оказывают энергетические характеристики машины, которые в значительной степени зависят от качества и технического состояния ее трансмиссии. Ухудшение технического состояния ведет к возрастанию потерь мощности в элементах системы. Используя энергетический подход к оценке технического состояния и прогнозированию ресурса элемен-

тов или системы в целом, появилась возможность получить функциональную зависимость между долговечностью элементов, внутренними потерями в них и энергоресурсом элементов. Общие потери мощности в системе определяются величинами потерь в ее элементах и складываются в соответствии с законами передачи энергии. Потери мощности в зависимости от величины и характера внешней нагрузки в связанных между собой элементах станка можно адекватно определить с помощью математической модели.

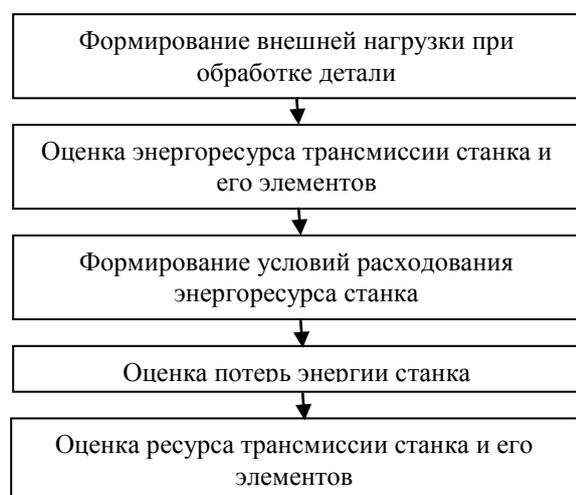


Рис.1. Структура математической модели выработки энергоресурса трансмиссии металлорежущего станка

Использование отдельных универсальных схем основных узлов системы трансмиссии

Статья поступила в редакцию 20 ноября 2011 г.

Work is dedicated by the application of energy-saving technologies, which make to compensate the reduction of the energy consumption and to decrease its losses.

Keywords: energy conservation, energy.

Лазуткина Наталья Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Мошнина Елена Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Физики и прикладной математики» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

станка и получение эквивалентной схемы трансмиссии в целом позволяет поэлементно оценить потери и учесть расходование энергоресурса различных элементов системы металлорежущего станка. Учитывая однотипность элементов трансмиссий станков, уточнение параметров подобных схем приведет к уточнению получаемой информации о трансмиссии путем последовательного или параллельного соединения локальных схем, в зависимости от кинематики металлообрабатывающего станка [4].

Литература

- 1 *Зимин Ю.Л.* Научные основы экономии металлургических и машиностроительных производств // Вестник машиностроения. - 1998. - № 3.
- 2 *Мукосеев Ю.Л.* Энергоснабжение промышленных предприятий: Учебник для вузов - М.: Энергия, 1973. - 584 с.
- 3 *Чоджой М.Х.* Энергосбережения в промышленности / Пер с англ. - М.: Металлургия, 1982
- 4 *Лазуткина Н.А., Игнатов С.Н., Лазуткин С.Л.* Энергобаланс технологического оборудования // Современные наукоемкие технологии. 2004. №1. с.35.