

И. А. ШАПОВАЛ, А. М. ГОМАН, О. А. БАРАН

Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Применение рекуперативных приводов в машинах технологического назначения дает возможность использовать двигатели, обладающие небольшой мощностью. Для таких приводов с двигателем малой мощности существует вероятность возникновения эффекта Зоммерфельда, в этом случае процесс малых колебаний в самой системе заметно влияет на подбор характеристики двигателя [1]. Поэтому возникает необходимость учитывать влияние частоты вращения двигателя при расчётах динамических моделей системы.

Создан метод расчета рекуперативных приводов рабочих механизмов машин с двигателем ограниченной мощности, позволяющий рассчитать параметры рекуперативных приводов для режущих аппаратов жаток и косилок, систем очистки зерноуборочных комбайнов. Динамическая модель кривошипно-шатунного механизма привода режущего аппарата косилки показана на рис.1.

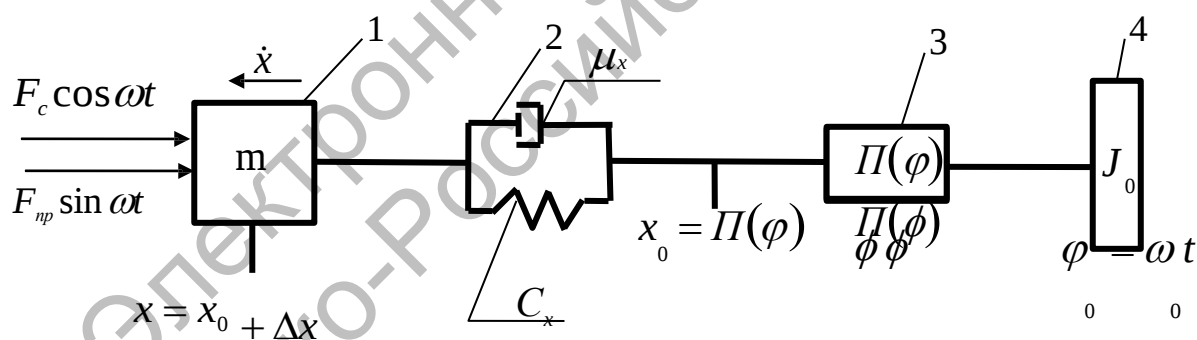


Рис. 1. Динамическая модель рекуперативного привода колебательного движения: 1 – нож массой m ; 2 – элемент, характеризующий податливость звеньев механизма привода; 3 – механизм преобразования движения; 4 – двигатель ограниченной мощности с моментом инерции J_0

Продольная податливость звеньев механизма приведена к ножу и представлена коэффициентом C_x , рассеивание энергии учитывается коэффициентом μ_x [2]. Сила сопротивления движению ножа находится как сумма сил резания и трения ножа о направляющие и описывается функцией $F_c \cos \omega t$. Действие упругой силы рекуператора определяется функцией $F_{np} \sin \omega t$. Гармонический характер функций сил сопротивления движению и упругой силы определяется законом движения механизма.

Разработанный метод расчета динамической модели рекуперативного привода рабочих органов машин с двигателем ограниченной мощности основан на решении дифференциального уравнения Лагранжа II рода. Движение ножа режущего аппарата описывается дифференциальным уравнением:

$$m\ddot{x} + \mu_x (\dot{x} - \dot{x}_0) + C_x (x - x_0) = -F_c \cos \omega t - F_{np} \sin \omega t,$$

где m – масса ножа; x_0 – координата функции перемещения ножа; C_x – приведенный коэффициент жесткости звеньев; μ_x – коэффициент рассеивания энергии в упругих элементах механизма; ω – угловая скорость кривошипа; t – время.

Используя метод гармонического баланса установившегося движения, получим линейное неоднородное дифференциальное уравнение малых колебаний ножа около основного перемещения x_0 :

$$\Delta \ddot{x} + 2n \Delta \dot{x} + k^2 \Delta x = -\varepsilon_c \cos \omega_1 t - \varepsilon_{np} \sin \omega_1 t + \varepsilon \cos \omega_1 t, \quad (1)$$

где $2n = \frac{\mu_x}{m}$ – коэффициент демпфирования; $k^2 = \frac{C_x}{m}$ – собственная частота колебаний системы; $\varepsilon_c = \frac{F_c}{m}$; $\varepsilon_{np} = \frac{F_{np}}{m}$; $\varepsilon = \omega^2 l$.

Решение дифференциального уравнения (1) имеет вид:

$$\Delta x = A_n \sin(\omega t - \alpha_n),$$

где A_n – амплитуда вынужденных колебаний, α_n – сдвиг фазы;

$$A_n = \sqrt{\frac{(\varepsilon - \varepsilon_c)^2 + \varepsilon_{np}^2}{(k^2 - \omega^2)^2 + 4n^2 \omega^2}}; \quad \alpha_n = \arctg \frac{(\varepsilon - \varepsilon_c)(k^2 - \omega^2) + \varepsilon_{np} 2n\omega}{(\varepsilon - \varepsilon_c)2n\omega - \varepsilon_{np}(k^2 - \omega^2)}.$$

Метод позволяет учесть инерционные, силовые факторы механизма, выявить малые колебания в системе с учётом податливости звеньев и определить зоны резонанса работы системы с двигателем ограниченной мощности. Предложенный метод математического анализа можно адаптировать к расчету более сложных кинематических схем и динамических моделей механизмов рекуперативных приводов с колебательным движением рабочих органов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кононенко, В. О.** Колебательные системы с ограниченным возбуждением / В. О. Кононенко. – М. : Наука, 1964. – 254 с.
2. **Адильшеев, А. С.** Научно-технические основы разработки сеноуборочных машин с усовершенствованием приводных механизмов режущих аппаратов : автореф. дис. д-ра техн. наук : 15.09.10. – Алматы : 2010. – 39 с.