

УДК 641.542.26:62-8]:681.513.6

## ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ОПОРУ НА ВАЛУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПРИВОДА АВТОМАТИЧНОЇ КАВОВОЇ МАШИНИ

М.М. Рубанка, кандидат технічних наук, доцент  
*Київський національний університет технологій та дизайну*

С.А. Демішонкова, кандидат технічних наук, доцент  
*Київський національний університет технологій та дизайну*

О.В. Місяць, аспірант  
*Хмельницький національний університет*

Ключові слова: кавова машина, привод, процес пресування кави, момент опору, електродвигун.

На основі аналізу особливостей роботи автоматичних кавових машин встановлено, що одним із найскладніших механізмів є механізм дозування і пресування кавового порошку перед заварюванням. Існуючі механізми пресування поршневого типу мають досить складну конструкцію і ряд суттєвих недоліків, одним із яких це неточність дозування меленої кави за рахунок контролю часу або кількості обертів жорен кавомолки [1].

Аналіз конструкцій автоматичних кавоварок показав, що більшість механізмів приводу поршня заварних пристроїв є аксіальними, кривошипно-шатунними (рис. 1).

Для встановлення функціональної залежності між переміщенням повзуна (поршня) і кутом повороту валу електродвигуна (кривошипа) виконаємо їх кінематичний та силовий аналіз [2, 3].

Переміщення поршня в загальному вигляді можна визначити за наступним виразом:

$$S_{\varphi} = R + L - (R \cdot \cos\varphi + L \cdot \cos\beta) = R \left[ 1 + \frac{1}{\lambda} - (\cos\varphi + \frac{1}{\lambda} \cdot \cos\beta) \right], \quad (1)$$

де  $R$  – радіус кривошипа;  $L$  – довжина шатуна;  $\lambda = \frac{R}{L}$  – параметр геометричної та кінематичної подібності;  $\varphi$  – кут повороту кривошипа;  $\beta$  – кут відхилення шатуна.

На практиці вираз (1) не зручно використовувати через залежність від двох величин  $\varphi$  та  $\beta$ . Використовуючи ряд тригонометричних перетворень та враховуючи, що зазвичай  $\lambda \leq \frac{1}{3,5}$  вираз (1) можна записати в наступному вигляді:

$$S_{\varphi} \approx R \left[ 1 + \frac{1}{\lambda} - \cos\varphi - \frac{1}{\lambda} + \frac{\lambda^2}{\lambda \cdot 4} - \frac{\lambda^2}{\lambda \cdot 4} \cos 2\varphi \right] = R \left[ 1 + \frac{\lambda}{4} - (\cos\varphi + \frac{\lambda}{4} \cos 2\varphi) \right]. \quad (2)$$

Розглянемо сили, що діють на ланки кривошипно-шатунного механізму під час пресування чергової порції кавового порошку (рис. 2).

Сила  $P_s$ , що діє вздовж осі поршня може бути розкладена на дві складові:  $N = P_s \cdot \operatorname{tg}\beta$  – сила притиску поршня до стінок циліндра;  $S = \frac{P_s}{\cos\beta}$  – сила вздовж вісі шатуна.

Силу  $S$ , перенесену уздовж подовжньої осі шатуна в центр шатунної шийки кривошипа, позначимо через  $S'$  і розкладемо її на дві складові:

$K = S' \cos(\alpha + \beta) = P_s \cdot \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos\beta}$  – нормальна складова сили, що напрямлена вздовж кривошипа;  $T = S' \sin(\alpha + \beta) = P_s \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos\beta}$  – тангенціальна складова сили, що напрямлена перпендикулярно кривошипу. Сила  $T$ , це єдиний силовий фактор, що визначає крутний момент  $M_{кр}$  на валу електродвигуна:

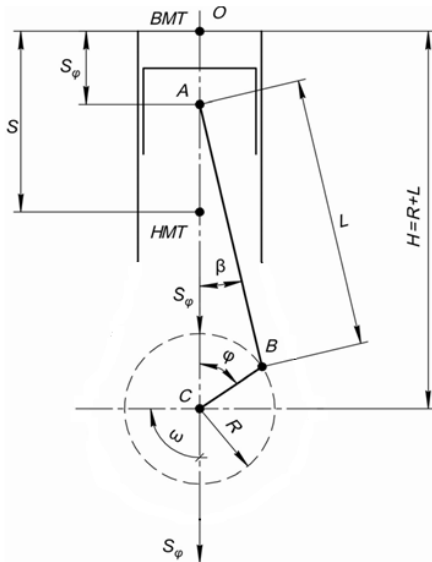
$$M_{кр} = T \cdot R = P_s \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos\beta} \cdot R = P_s R \cdot (\sin\varphi + tg\beta \cos\varphi). \quad (3)$$


Рисунок 1 – Схема аксіального кривошипно-шатунного механізму

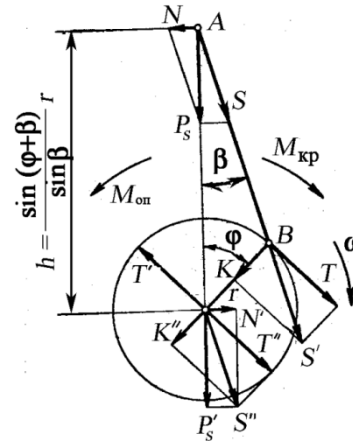


Рисунок 2 – Сумарні сили і моменти, що діють в кривошипно-шатунному механізмі

Для малих значень кута  $\beta$  із незначною похибкою можна записати, що  $tg\beta = \lambda \sin\varphi$ . Тоді рівняння (3) можна записати в наступному вигляді:

$$M_{кр} = P_s R \cdot (\sin\varphi + \lambda \sin\varphi \cos\varphi) = P_s R \cdot \left( \sin\varphi + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi \right). \quad (4)$$

Момент опору рівний за величиною та протилежний за напрямом крутному моменту на валу електродвигуна:

$$M_{оп} = -P_s \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos\beta} \cdot R = -P_s \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin\beta} \cdot R \cdot tg\beta = -T \cdot R = -M_{кр} \quad (5)$$

Аналітично отримано залежність моменту опору на валу електродвигуна привода автоматичної кавової машини від кутів, що визначають положення ланок кривошипно-шатунного механізму поршня, їх геометричних параметрів та зусилля від стиснення кавового порошку в камері заварного пристрою.

#### Список використаних джерел

1. Система адаптивного керування приводом автоматичних кавових машин / В. П. Місяць, М. М. Рубанка, С. А. Демішонкова, О. С. Поліщук // Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. – 2021. – № 1 (293). – С. 151-159.
2. Артоболевський І.І. Теорія механізмів і машин : пер. з 3-го рос. вид. : підручник для машинобудівних вузів / І. І. Артоболевський. – К. : Держтехвидав, 1957. - 696 с.
3. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин : підручник / Я. Т. Кіницький. - К. : Наукова думка, 2002. – 662 с.