

УДК 631.352.2

Марія Бабій

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ОПОРУ ЗРІЗУ РОСЛИН В СЕГМЕНТНО-ПАЛЬЦЕВОМУ РІЗАЛЬНОМУ АПАРАТІ КОСАРКИ

Maria Babiş

SIMULATION OF RESISTANCE IN PLANTS CUTOFF FINGER MOWER CUTTING MACHINE

При моделюванні роботи різального апарату косарки сегментно-пальцевої виникає ряд проблем. В літературі навантаження на різальний апарат представляється у вигляді трьох складових: опорів різанню, тертю та сили інерції. В даній роботі для нас представляє інтерес сила опору зрізу P_{zp} , яка вважається сталою, залежить від площі навантаження і густоти стеблестою та визначається питомою роботою, яка витрачається на зріз рослин з одиниці площі.

Дану залежність представимо наступним чином

$$P_{zp} = \frac{\varepsilon f_H z}{l_{ak}}, \quad (1)$$

де ε – питома робота, що витрачається на зріз рослин з одиниці площі, $H \cdot м / м^2$;

f_H – площа навантаження на лезо сегменту, $м^2$; z – кількість сегментів;

l_{ak} – величина переміщення ножа, що відповідає початку і кінцю різання, $м$,

$$l_{ak} = k(tg\alpha_1 + tg\alpha), \quad (2)$$

де k – висота різальної кромки; α_1, α – кути встановлення різальної кромки проти різальної пластини та сегмента.

Площа навантаження на лезо сегмента для апарату нормального різання з одинарним пробігом ножа визначається з врахуванням відносного і переносного рухів сегмента ножа

$$f_H = s \frac{\mathcal{Q}_m \pi}{\omega}, \quad (3)$$

де \mathcal{Q}_m – поступальна швидкість машини; s – хід ножа. Для апарату нормального різання з одинарним пробігом ножа хід ножа дорівнює кроку встановлення сегментів.

Аналізуючи вираз (1), видно, що сила опору зрізу має сталі значення на відрізьку переміщення ножа l_{ak} та відображає навантаження на одному робочому ході ножа, тобто при напівоберті кривошипа. Насправді ж сила опору зрізу повинна змінювати свій напрямок при зворотному ході ножа та відображати характер навантаження протягом повного оберту кривошипа, так як ніж здійснює періодичні коливні рухи.

Графік сили опору зрізу при кути повороті кривошипа 2π або переміщенні $2s$ повинен мати наступний характер, рис. 1.

Тут φ_n, φ_k – кути повороту кривошипа, що позначають початок, кінець ділянки різання при прямому ході ножа; φ'_n, φ'_k – кути повороту кривошипа, що позначають початок, кінець ділянки різання при зворотному ході ножа.

Аналізуючи вираз (1) та враховуючи необхідний характер зміни сили опору зрізу, бачимо, що дана функція є непарною та має розриви першого роду. Цю залежність можна розкласти як функцію періоду 2π (або $2l$) при приведенні

переміщення ножа до кута повороту кривошипа φ (або переміщення ножа $2s$). Вибір способу розкладу на значення кінцевого результату не впливає і має тільки технічне значення зумовлене методикою подальших досліджень.

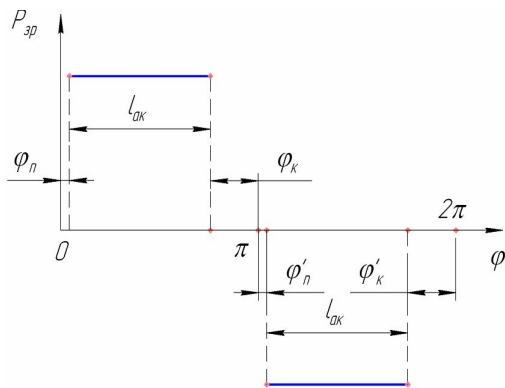


Рисунок 1. Схематичне представлення зміни сили різання $P_{зр}$ при повороті кривошипа 2π

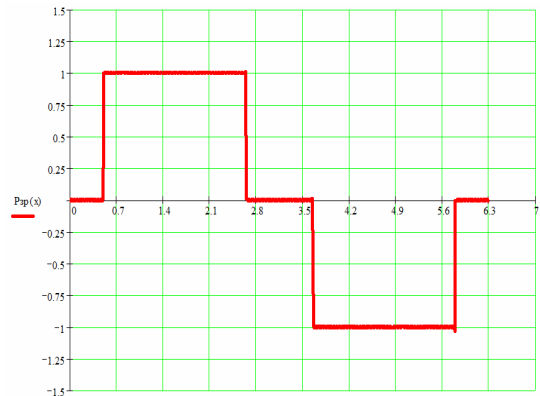


Рисунок 2. Схематичне зображення одиничної сили зрізу протягом 2π обертів кривошипа

Відповідно до проміжків дії сили зрізу на лезо ножа (рис. 1), запишемо наступну залежність, приводячи переміщення ножа до кута повороту кривошипа

$$P_{зр}(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq \varphi_n; \\ \frac{\mathcal{E}f_{HZ}}{l_{ак}}, & \varphi_n \leq x \leq \pi - \varphi_k; \\ 0, & \pi - \varphi_k \leq x \leq \pi + \varphi'_n; \\ -\frac{\mathcal{E}f_{HZ}}{l_{ак}}, & \pi + \varphi'_n \leq x \leq 2\pi - \varphi'_k; \\ 0, & 2\pi - \varphi'_k \leq x \leq 2\pi. \end{cases} \quad (4)$$

Відповідно до умов (4) запишемо

$$b_n = -\frac{\mathcal{E}f_{HZ}}{l_{ак}\pi} \left(\int_{\varphi_n}^{\pi - \varphi_k} (-\sin nx) dx + \int_{\pi + \varphi'_n}^{2\pi - \varphi'_k} \sin nx dx \right) = -\frac{\mathcal{E}f_{HZ}}{l_{ак}\pi n} \left[\cos nx \Big|_{x=\varphi_n}^{x=\pi - \varphi_k} - \cos nx \Big|_{x=\pi + \varphi'_n}^{x=2\pi - \varphi'_k} \right] = \\ = -\frac{\mathcal{E}f_{HZ}}{l_{ак}\pi n} [\cos n(\pi - \varphi_k) - \cos n\varphi_n - \cos n(2\pi - \varphi'_k) + \cos n(\pi + \varphi'_n)]. \quad (5)$$

Тоді ряд Фур'є для сили зрізу буде визначатися

$$P_{зр}(x) = -\frac{\mathcal{E}f_{HZ}}{l_{ак}\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} [\cos n(\pi - \varphi_k) - \cos n\varphi_n - \cos n(2\pi - \varphi'_k) + \cos n(\pi + \varphi'_n)] \sin nx. \quad (6)$$

Умовно прийнявши силу зрізу за одиницю, покажемо графічно характер її зміни протягом 2π обертів кривошипа, рис. 2.

Таким чином, отримана функціональна залежність, при виборі питомої роботи, що витрачається на зріз рослин з одиниці площі та з врахуванням геометрії різальної пари, адекватно відобразить навантаження на різальний апарат при довільному куті повороту кривошипа косарки. Введення залежності (6) в загальну динамічну модель роботи приводу косарки дозволить аналізувати споживання потужності машиною в цілому. Це дасть можливість правильно підібрати конструктивні та кінематичні параметри даного приводу завдяки чому можна досягти мінімального енергоспоживання.