

УДК 621.86

А.П. Драган, інж.

А.Є. Дячун, аспір.

*Тернопільський державний технічний університет ім. І.Пулюя*

## ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ РОЗТОЧУВАННЯ ГОФРОВАНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

*Побудовано динамічну модель процесу розточування гофрованих гвинтових заготовок. Встановлені залежності параметрів процесу розточування від технологічних параметрів.*

**Вступ.** Гофровані шнеки широко використовуються в різноманітних сільськогосподарських та транспортних машинах і механізмах, теплообмінниках та в інших засобах механізації. Проте технологія виготовлення шнеків з плоскою вертикальною площиною є доволі трудомісткою та потребує відповідного обладнання, а виготовлення гофрованих шнеків потребує значно більших затрат енергії, обладнання та матеріалу шнекового полотна.

**Постановка проблеми.** Питанням моделювання процесу розточування нежорстких гвинтових заготовок присвячені роботи ряду авторів [1], [2], [3], однак цілий ряд питань залишаються невіршеними. Тому метою дослідження є розробка рекомендацій для ефективного технологічного процесу виготовлення і відновлення шнеків, який би забезпечив точність, економічність та продуктивність процесу розточування внутрішньої поверхні гофрованого шнека.

Робота виконується в рамках Постанови Кабінету Міністрів України про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки “Новітні та ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі” на 2002–2006 роки.

Аналіз факторів, що впливають на процес розточування, показує, що внаслідок малої товщини і жорсткості полоси шнека розточування необхідно проводити на максимальній можливій швидкості при малій подачі та глибині різання. Глибина різання визначається в основному припуском на обробку (хоча можливе розточування і за декілька проходів). Небажаним є збільшення глибини різання понад величину товщини шнекового полотна, що може призвести до задирів, згинання та випучування. З метою покращення процесу розточування рекомендується стиснути шнек в осьовому напрямку до змикання

вершин гофра протилежних витків та охопити його по зовнішній поверхні спеціальним затискним пристроєм трубчастої форми.

Під час процесу розточування різець знаходитиметься у стані постійних ударів, що йдуть із частотою гофрування (до 10–30 ударів за оберт). При цьому частота ударів є змінною і залежить від місця розточування і параметрів гофр.

З достатньою для практичних розрахунків точністю верстат можна змоделювати у вигляді трьох мас, які рухаються поступально, тобто станини, супорта і різцетримача, які з'єднані елементами пружності, що моделюють жорсткості з'єднання. На різець діє зовнішня змушуюча сила  $P_p$ , яка є змінною силою різання поверхні гофрованого шнека по внутрішньому діаметру. Вона має чітко виражений ударний характер із циклічним повтором через певний інтервал часу.

На рис. 1 зображена динамічна модель верстата для розточування гвинтових гофрованих заготовок, яка може бути описана системою із трьох диференціальних рівнянь, що описує рух змодельованої системи відносно землі:

$$\begin{cases} m_{cy} \ddot{x}_1 = c_{12} (x_2 - x_1) \\ m_{cm} \ddot{x}_2 = c_{23} (x_3 - x_2) - c_{12} (x_2 - x_1), \\ m_p \ddot{x}_3 = P_p - c_{23} (x_3 - x_2) \end{cases} \quad (1)$$

де  $m_{cy}$ ,  $m_{cm}$ , і  $m_p$  – відповідно зведені маси станини, супорта та різцетримача;  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  – узагальнені координати (шлях, пройдений центрами мас відповідно кожного з трьох тіл від положення статичної рівноваги, взятий з відповідним знаком);  $c_{12}$ ,  $c_{23}$  – елементи пружності, що моделюють жорсткості з'єднання.

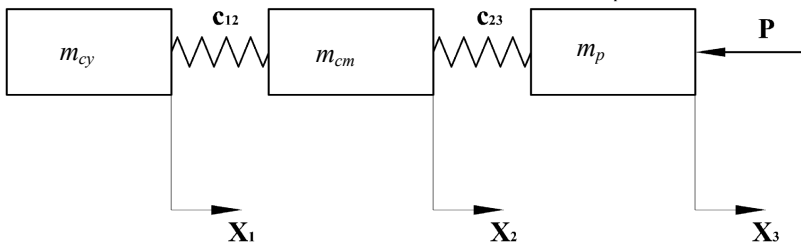


Рис. 1. Динамічна модель верстата для розточування гвинтових гофрованих заготовок

Сила різання  $P_p$  не є сталою величиною, а має вигляд, схематично зображений на рис. 2.

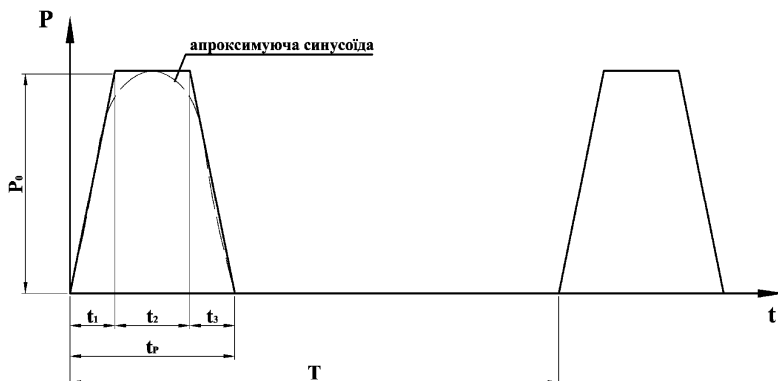


Рис. 2. Графік залежності сили різання від часу

Процес прикладання ударного навантаження при розточуванні гвинтових гофрованих заготовок складається із чотирьох етапів:

- 1) наростання сили різання за рахунок пружної деформації шнека;
- 2) стала величина сили різання у процесі зрізання матеріалу;
- 3) спадання сили різання при виході різця із зони різання;
- 4) відсутність сили різання при вільному переміщенні різця до наступної хвилі гофра шнека.

Звичайно, вказаний графік зміни навантаження не зовсім правильно моделює процес різання, у ньому не враховані власні коливання гофрованої поверхні, а також моменти зрізання вершин гофрів, де контакт з половою шнека є набагато довший.

Для зручності обчислень та інтегрування запишемо силу різання у вигляді півхвилі синусоїди на інтервалі  $t_p$  :

$$f(t) = \begin{cases} P_0 \sin \omega_p t & 0 \leq t \leq t_p; \\ 0 & t_p < t \leq T, \end{cases} \quad (2)$$

де  $P_0$  – амплітуда сили різання;

$T$  – сума часу імпульсної дії і часу на рух різця між гофрами;

$\omega_p = \frac{\pi}{t_p}$  – циклічна частота апроксимованої півхвилі синусоїди

сили удару;

$t_p$  – час імпульсної дії (рис. 2).

Розв'язок рівнянь (1) і (2) здійснювали, використовуючи програму MAPLE 9. В результаті отримуємо графіки залежностей параметрів процесу від часу.

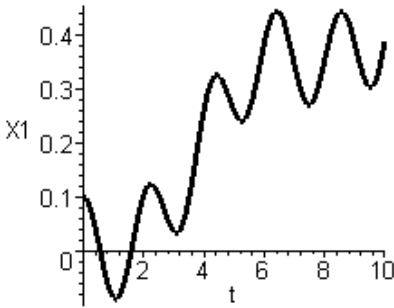


Рис. 3. Графік залежності переміщення різцетримача від часу

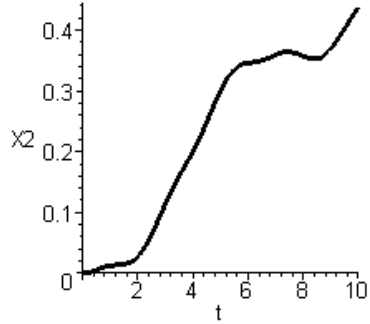


Рис. 4. Графік залежності переміщення супорта верстата від часу

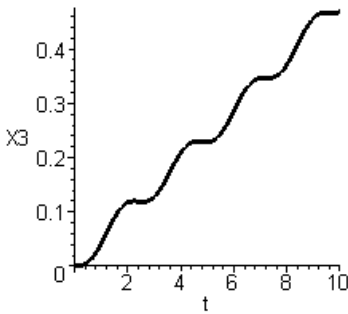


Рис. 5. Графік залежності переміщення станини верстата від часу

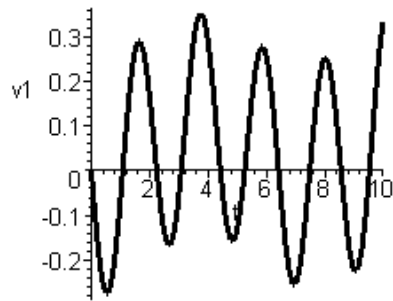


Рис. 6. Графік залежності швидкості різцетримача від часу

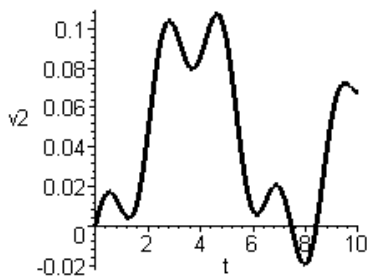


Рис. 7. Графік залежності швидкості

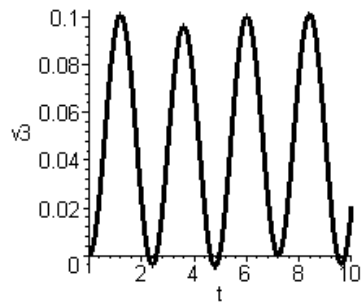


Рис. 8. Графік залежності швидкості

супорта верстата  
від часу

станини верстата від часу

На рис. 3–8 зображені графіки, що описують рух елементів змодельованої системи при наступних початкових параметрах:  $m_p = 15$  кг;  $m_{cy} = 80$  кг;  $m_{cm} = 3\,000$  кг;  $c_{12} = 80$  Н/м;  $c_{23} = 140$  Н/м;  $P_p = 400$  Н. Розроблена модель дозволяє визначати параметри руху елементів системи при будь-яких початкових параметрах.

На основі проведених досліджень можна зробити наступні **висновки**:

1. Технологічний процес розточування гвинтових гофрованих заготовок при їх виготовленні й відновленні описано системою з 3-х диференціальних рівнянь.

2. Побудовано графіки залежності параметрів процесу розточування гофрованих гвинтових заготовок від часу.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Смирнов В.И.* Курс высшей математики. – Том 2. – М.: Наука, 1967. – 655 с.
2. *Комаров М.С.* Динамика механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1969. – 296 с.
3. Деклараційний патент України №65124А / А.П. Драган Пристрій для виготовлення гофрованих гвинтових заготовок. Бюл. № 3 – 2004.

ДРАГАН Андрій Петрович – інженер Тернопільського державного технічного університету ім. І.Пулюя.

Наукові інтереси:

– виготовлення гвинтових гофрованих заготовок.

ДЯЧУН Андрій Євгенович – аспірант Тернопільського державного технічного університету ім. І.Пулюя.

Наукові інтереси:

– виготовлення гвинтових гофрованих заготовок.

Подано 17.03.06