

УДК 621.10.000

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ УМОВ ПІДРІЗАННЯ КРАЙКИ ОБОЛОНКОВИХ ВИРОБІВ ІЗ НЕРІВНОМІРНИМ ПРИПУСКОМ НА АВТОМАТИЧНОМУ ОБЛАДНАННІ

О. М. Титаренко, О. Ф. Саленко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: Altvorec@mail.ru

Розглядаються питання щодо зменшення динамічного навантаження різальної крайки різця, що виникає під час точіння оболонкових виробів із конструкційних сталей. Запропонована схема адаптивного гідроприводу із гідророзподільником електрогідрравлічного керування. Створена математична модель поведінки системи управління гідророзподільником, що виконує водночас керуючу та слідкуючу функції. Наведені теоретико-емпіричні залежності, які дозволяють раціонально обрати коефіцієнт динамічної характеристики гідророзподільника. Показані результати моделювання поведінки робочого органу (супорта) до і після визначення коефіцієнта динамічної характеристики.

Ключові слова: динамічне навантаження різальної крайки, нерівномірний припуск, сталість обробки, демпфування.

DEFINITION OF RATIONAL CONDITIONS TRIMMING OBOLOCHNYH PRODUCTS WITH UNEVEN RECESS AUTOMATIC EQUIPMENT

O. M. Titarenko, O. F. Salenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University
vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine. E-mail: Altvorec@mail.ru

Are considered a question concerning reduction of a dynamic load of a cutting crimp of a cutter which arises at handling of articles from constructional steels. The circuit of an adaptive hydraulic drive which has been offered contains a changeover valve with electrohydraulic control. The created mathematical model of behaviour of a control system of a changeover valve which executes at the same time operating and watching functions. Reduced teoretiko-empirical dependences which allow to pick up rationally factor of a dynamic characteristic of the changeover valve, the displayed results of simulation of behaviour of an end-effector (slide) before definition of rational factor of a dynamic characteristic.

Key words: a dynamic load of a cutting crimp, a non-uniform rough tolerance, persistence of handling, damping.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОДРЕЗАНИЯ КРОМКИ ОБОЛОЧКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ С НЕРАВНОМЕРНЫМ ПРИПУСКОМ НА АВТОМАТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

А. М. Титаренко, А. Ф. Саленко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: Altvorec@mail.ru

Рассматриваются вопросы уменьшения динамической нагрузки режущей кромки резца, возникающая при точения оболочечных изделий из конструкционных сталей. Предложена схема адаптивного гидропривода с гидрораспределителем электрогидравлического управления. Создана математическая модель поведения системы управления гидрораспределителем, выполняющего одновременно управляющую и следящие функции. Приведены теоретико-эмпирические зависимости, позволяющие рационально выбрать коэффициент динамической характеристики гидрораспределителя. Показаны результаты моделирования поведения рабочего органа (суппорта) до и после определения коэффициента динамической характеристики.

Ключевые слова: динамическая нагрузка режущей кромки, неравномерный припуск, постоянство обработки, демпфирования.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В сучасному машинобудуванні, зокрема при механічній обробці на автоматичному обладнанні, актуальною проблемою є явища неконтрольованого динамічного навантаження різальної крайки в умовах змінного припуску оболонкових деталей. Такий припуск спостерігається при отриманні заготовок ливарним, ковальським чи зварювально-накатним методом. Для вирішення цього питання зазвичай знижують режими різання або вводять додатковий обслуговуючий персонал, що, в свою чергу, пропорційно зменшує техніко-економічний показник обладнання і зводить його ефективність нанівець.

У даній роботі нами зроблено спробу проаналізувати можливість застосування слідкуючого привода подач токарного модуля для спеціального напівавтоматичного верстата.

Метою роботи є аналіз варіантів виконання привода подач для автоматичного обладнання та можливості введення слідкуючої системи зворотного зв'язку.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Початок промислового застосування слідкуючого привода у верстатах починається з 1940–1950 рр. [1]. У цей період на його основі розроблені автоматизовані копіювальні верстати, які порівняно зі звичайним універсальним устаткуванням дозволили значно знизити трудомісткість виготовлення деталей. З цього часу починається також розробка основ теорії гідравлічних слідкуючих приводів у сполученні з копіювальними системами керування.

Застосування слідкуючих приводів значно розширилося в 1950–1960 рр. у зв'язку з появою верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК). При переході від копіювального до числового програм-

ного керування в системі керування змінився програмоносій (шаблон замінила магнітна стрічка, перфострічка потім дискета, диск, флеш пам'ять) і вигляд пристроїв, що перетворюють задану програму у вихідні сигнали керування приводом.

Кількість впроваджених у промисловість СРСР і США верстатів із ЧПК почала швидко зростати з 1958–1960 рр., причому вони одержали широке поширення практично в усіх галузях машинобудування. Застосування верстатів із ЧПК дало значний економічний ефект і дозволило вивільнити велику кількість універсального устаткування. Ефективність верстатів із ЧПК за вітчизняними і закордонними даним характеризується: зростання продуктивності – на 200–600%; кількість універсальних верстатів, що замінюються, – 3–8; збільшення часу різання в загальному часі обробки до 50–80% (універсальні 15–35%); скорочення термінів підготовки виробництва й технологічного оснащення; зменшення браку; забезпечення взаємозамінності.

Досвід використання верстатів із ЧПК у промисловості показав, що раціональна область їхнього застосування розширюється при ускладненні характеру обробки: підвищенні точності, погіршенні умов обробки й т.п.

Застосування устаткування із ЧПК дозволяє повному організувати виробництво. Можна виділити три основних напрямки наукової організації праці при впровадженні верстатів й устаткування із ЧПК: залучення інженерного складу до безпосереднього процесу виготовлення деталей на верстаті; корінна зміна характеру багатOVERSTATного обслуговування; здійснення керування цехом верстатів із ЧПК від одного пульта й забезпечення цілодобового використання устаткування при роботі обслуговуючого персоналу, головним чином в одну, найбільш продуктивну зміну на основі створення автоматичних ліній з верстатів із ЧПК й т.п. Числове програмне керування, елементом якого є слідкуючий привід, стало універсальним засобом автоматизації верстатів й устаткування широкого застосування. У результаті цього слідкуючий привід зі спеціального пристрою із нечисленних копіювальних верстатів перетворився на цей час на універсальний засіб задання руху

робочих органів верстатів й устаткування. Можна чекати, що слідкуючий привід стане домінуючим в верстатах і устаткуванні.

З відомих слідкуючих приводів (електричного, гідравлічного, пневматичного) у вітчизняних копіювальних верстатах із числовим програмним керуванням найбільш широке застосування знайшов гідравлічний привід (термін «гідравлічний привід» включає поняття привода з виконавчим гідродвигуном, що може мати різні засоби керування: механічні, електричні, пневматичні й ін.).

Гідроприводу властива мала інерційність рухомих частин, що забезпечує йому високу швидкість дії і дає можливість швидко реверсувати і гальмувати верстат [2]. Крім того, привід має невелику масу і габаритні розміри (в 3–10 разів менше електропривода); забезпечує плавний хід робочих органів машин, особливо при використанні силових гідроциліндрів; відрізняється довговічністю механізмів унаслідок самозмащування; має просту й надійну конструкцію гідромеханічних пристроїв, що дозволяє зробити його налагодження або усунення несправностей, що виникають у процесі експлуатації. Подібно тому, як перехід від шаблону до числової програми кардинально змінив структуру системи керування, так перехід до слідкуючого копіювального приводу із числовим програмним керуванням спричинив зміну структури привода, що пов'язана із введенням перетворювачів видів енергій, нових внутрішніх зв'язків, нових конструктивних рішень і т.п.

У зв'язку із новими вимогами до слідкуючих гідроприводів металообробних верстатів у даній роботі особлива увага приділяється засобам підвищення точності, швидкодії, економічності приводів і надійності їхньої роботи, а також створенню прямих без редукторних приводів подач.

Тому, при проектуванні слідкуючої системи для спеціального верста ІСС-450 були враховані умови токарної обробки, що характеризуються як важкі з непостійним стохастичним припуском.

На рис. 1 зображено розрахункову схему приводу подач верстата. Привод подач розглядається у вигляді типової структури з одним задавачем лінійного переміщення – за координатою X (відповідно мотор M_c).

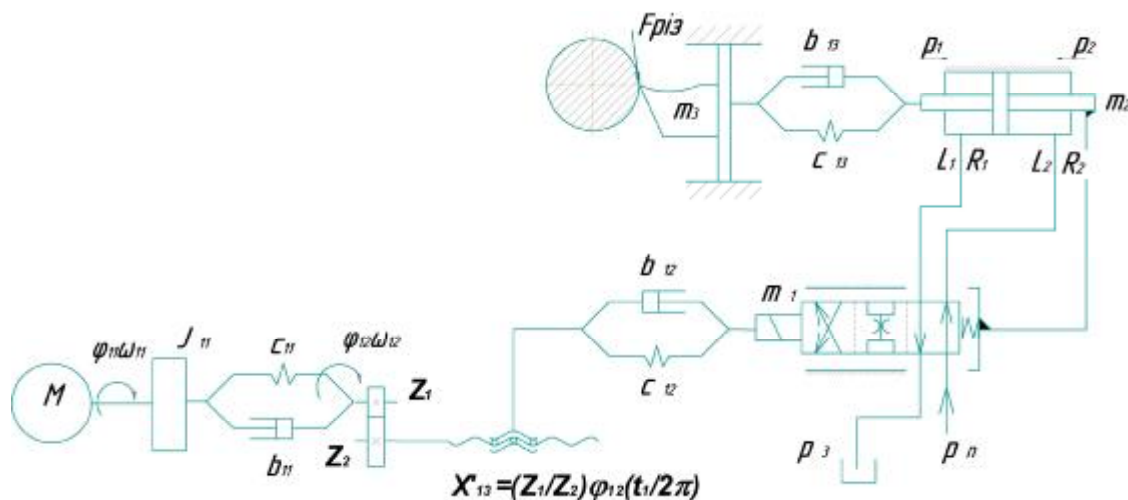


Рисунок 1 – Розрахункова схема приводу подач із слідкуючою системою

При створенні математичного опису виходили із таких положень [3]:

– маса елементів приводу є зосередженою і прикладена в окремій характерній точці, до якої приводяться всі суміжні маси;

– поділ кінематичних ланцюгів здійснюється у місцях найменшої жорсткості (наприклад, у зчепленнях, на консолях тощо);

– виникаючі під час руху обертові моменти та інерційні сили враховуються при розгляді рівноваги заготовки як нежорсткої пластини за принципом суперпозиції сил і деформацій;

– складові сил тертя F_{tcsi} визначаються однією рівнодіючою $F_t = \sqrt{\sum (F_{tcsi}^2)}$, прикладеною до точки приведення мас m_l .

З урахуванням вищевикладених припущень запишемо диференціальні рівняння, що описують роботу такої системи.

У рівняннях прийнято такі позначення:

$M(U)$ – вхідний вплив, заданий відповідним руйнівним моментом, обумовлений процесами у кроковому двигуні;

J_{1i}, \dots – моменти інерції відповідних зосереджених мас у приводу подачі;

$c_{1i}, \dots, b_{1i}, \dots$ – коефіцієнти пружності та в'язкого тертя зв'язків між зосередженими масами;

m_3 – маса поступово рухомих елементів (супорта);

$k_i = (z_j/z_{j+1})(t_i/2p)$ – коефіцієнт передачі “гвинт-

гайка” кожного із приводів;

$P_{k,l}$ – сила корисного опору;

S_b, x_i – швидкість руху оброблюваної заготовки та її вихідна координата;

F_{tx}, F_{pi3} – сили різання.

Опис динамічної системи приводу подачі доповнюється рівнянням зворотного зв'язку, в якому існує параметр x_1 , що підлягає визначенню за умови $x_1(j_t - j_0) \rightarrow 0$. Додатково залучаємо рівняння поведінки крокового двигуна типу ШД-5У. Отже, система рівнянь для приводу за координатою x набуває вигляду:

$$\frac{dw_{11}}{dt} = \frac{M_x(U)}{J_{11}} - \frac{(c_{11}(j_{11} - j_{12}) + b_{11}(w_{11} - w_{12})) + M_t}{J_{11}}; \quad (1)$$

$$\frac{dj_{11}}{dt} = w_{11}; \quad (2)$$

$$\frac{dj_{12}}{dt} = w_{12}; \quad (3)$$

$$k_m = \frac{z_1}{z_2} \frac{t_1}{2\pi}; \quad (4)$$

$$(m_{13} + m_2) \frac{ds_{13}}{dt} = c_{13}(k_m j_{12} - x_{13}) + b_{13}(k_m w_{12} - s_{13}) - \sum F_{tx} - P_{kx} \quad (5)$$

$$M(U) = M_{const} - x_1(j_t - j_0). \quad (6)$$

У середовищі MATLAB розрахункова модель постає у вигляді, поданому на рис. 2.



Рисунок 2 – Структурна схема приводу верстата типового компонування

Опис динаміки крокового двигуна подано нижче. Роботу крокового двигуна можна описати такою системою диференціальних рівнянь:

$$\frac{dI_d}{dt} = \frac{1}{L}(LI_q\Omega - RI_d - U_d); \quad (7)$$

$$\frac{dI_q}{dt} = \frac{1}{L}(-LI_d\Omega - RI_q - U_q + \Psi_f\Omega); \quad (8)$$

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{p^*}{J} \left(-\frac{M_{cm}}{I_{cm}} I_q - M_H \right); \quad (9)$$

$$L = L_d = L_q, \quad (10)$$

де Ω – кутова швидкість вектора результуючої напруги;

M_{cm} – максимальний статичний синхронізуючий момент

U_d, U_q – складові фазної напруги вздовж осей d

та q ;

I_d, I_q – складові фазного струму вздовж осей d та q ;

$M_H = M(U)$ – момент навантаження;

p^* – кількість пар полюсів;

J – загальний момент інерції, приведений до швидкості вала двигуна.

Модель крокового двигуна, створена в середовищі MATLAB, подано на рис. 3. На рис. 4 показано результати моделювання – обертання вала двигуна з постійним навантаженням. Важливим елементом, що потребує окремої підпрограми при моделюванні, є генератор імпульсів. Його модель у тому ж середовищі наведена на рис. 5.

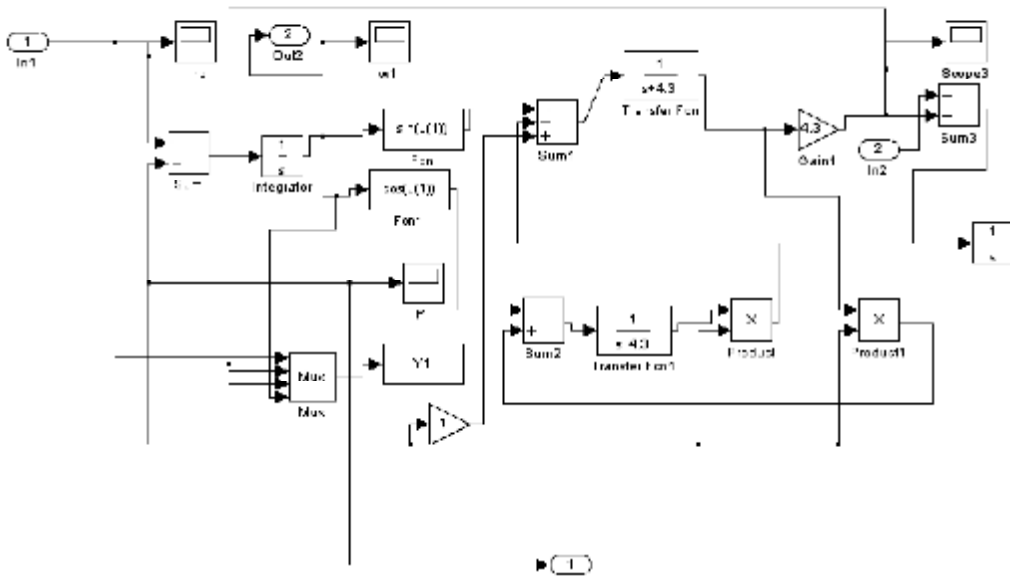


Рисунок 3 – Структурна схема крокового двигуна: In_1 – вхідні імпульси, w_1 – кутова швидкість, f_1 – кут повороту ротора

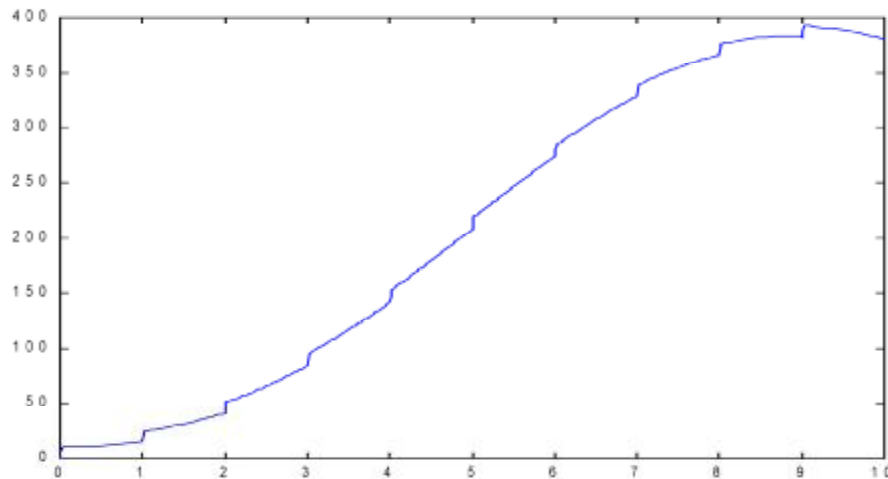


Рисунок 4 – Зміна кутової швидкості ротора двигуна, що працює з навантаженням на роторі

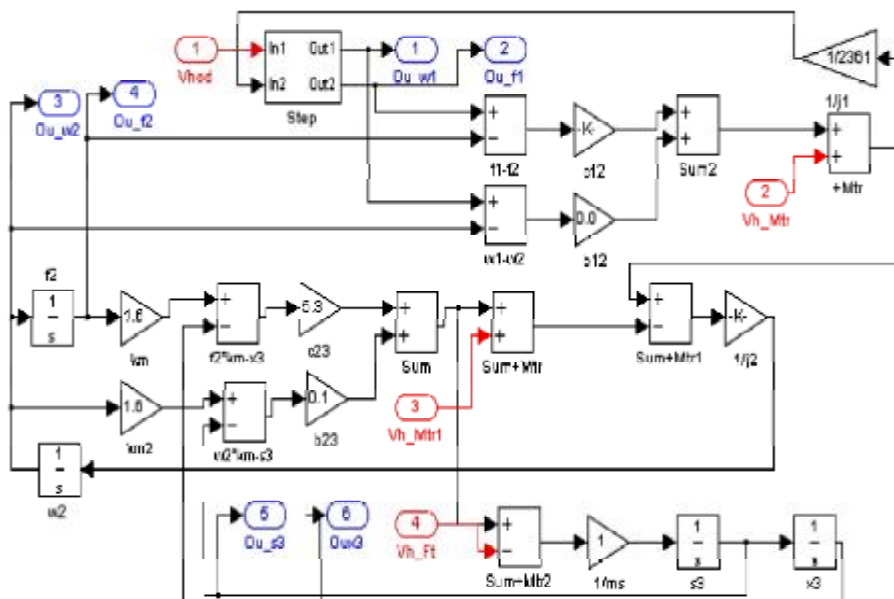


Рисунок 5 – Структурна схема генерала імпульсів

Для визначення раціональних умов ведення обробки використовувались програмно-орієнтовані пакети. Застосувались інтегровані CAD-CAM системи та розроблено САПР на базі систем 3D - моделювання, що дозволило значно прискорити процес

розробки систем та дослідити особливості її роботи [4]. Побудовано твердотільну модель гідророзподільника в середовищі Solid Works і модельовано динамічні процеси в ньому за допомогою ПЗ COSMOS Flo Works (рис. 6) [5].

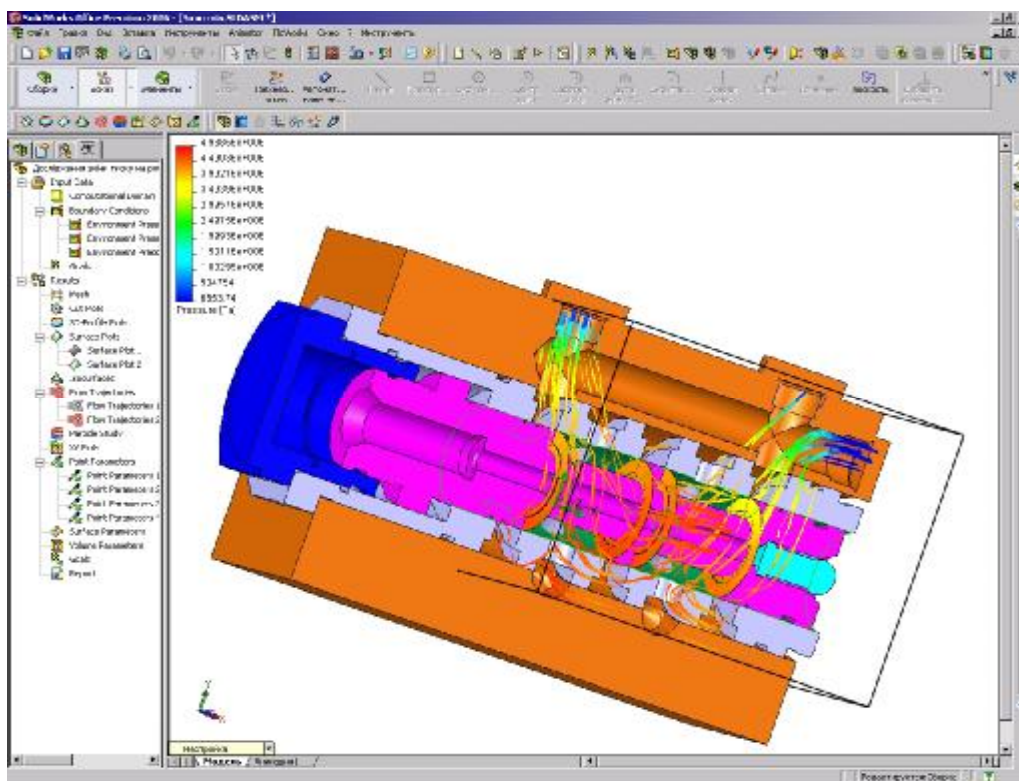


Рисунок 6 – Моделювання динамічних процесів у гідророзподільнику

Обчислення перехідних процесів, що властиві динамічній системі з використанням крокового двигуна як задаючого елемента, проводилось за допомогою ПЗ MathCAD. У створеній моделі поведінки

робочого органу були чітко виділені суттєві збурення плавності ходу та розузгодження керуючої і виконавчої ланок при обробці зі змінним припуском (рис. 7).

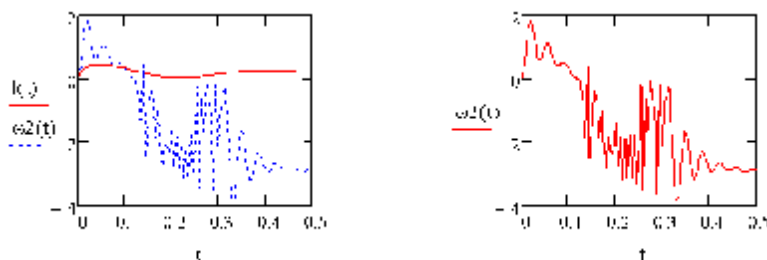


Рисунок 7 – Перехідний процес обробки, що вирізняється суттєвим розузгодженням керуючої та виконавчої ланок

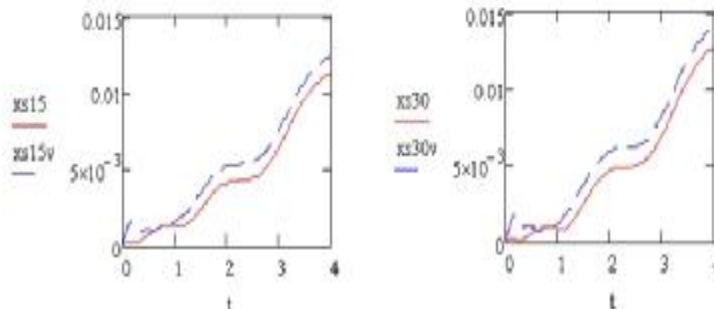


Рисунок 8 – Перехідний процес обробки після раціонального підбору коефіцієнту динамічної характеристики гідророзподільника x

Після раціонального підбору коефіцієнту динамічної характеристики гідророзподільника x , а також введення демпфуючих і пружних елементів у конструкцію привода досягнуто оптимальних умов обробки при змінному припуску на точіння (рис. 8).

ВИСНОВКИ. Запропонований підхід до вирішення проблеми динамічного навантаження на різальну крайку при точінні на автоматичному обладнанні може знайти застосування в Україні та за її межами. Особливо корисним він буде у важкому машинобудуванні на теренах СНД, де використання верстатів на основі мікропроцесорного керування та гідравлічного виконання достатньо рідкісне явище.

Перспективним також буде застосовувати даний тип приводу в комплексах для ремонтно-відтворюючих робіт, а саме в парі з автоматом наплавлення бігунків кранів, вагонних вісей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скворчевский Е.А. Исследование функциональных возможностей гидроаппаратуры с электрическим пропорциональным управлением и областей ее применения в приводах // Вестник машиностроения. – 1988. – № 6. – С. 26–30.
2. Дорошко В.И., Гинзбург А.А. Гидрооборудование с дистанционным пропорциональным управлением // Приводная техника. – 1996. – № 9. – С. 26–28.
3. Саленко О.Ф., Приходько В.И. Адаптивная система для регулирования процесса гидрорезания // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков, НТУ "ХПИ", 2001. – № 60. – С. 205–212.
4. Козлов Л.Г., Лозинский Д.О. Использование

интегрированного комплекса пакетов MATLAB та КОМПАС для оптимізації електрогідравлічного розподільника // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 2. – С. 95–100.

5. Алямовский Л.Л. Solid Works/Cosmos Works. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК 2004. – 432 с.

REFERENCES

1. Skvorchevsky E.A. Investigation of the functionality of hydraulics with electric proportional control and its applications in drives // Bulletin of mechanical engineering. – 1988. – № 6. – С. 26–30 [in Russian].
2. Dorosheko V.I., Ginzburg A.A. Hydraulic with remote proportional control drive technology // Privodnaya tehnika. – 1996. – № 9. – P. 26–28 [in Russian].
3. Salenko A.F., Prikhodko V.I. Adaptive system to regulate the process of waterjet cutting / cutting tool and in technological systems. – Kharkov, NTU "KPI", 2001. – № 60. – P. 205–212 [in Russian].
4. Kozlov L.G., Lozinski D.A. Using the integrated complex of MATLAB and compass for optimizing electro dispenser // Information Technology and Computer Engineering. – 2005. – № 2. – P. 95–100 [in Ukrainian].
5. Alyamovsky L. Solid Works / Cosmos Works. Engineering analysis of the finite element method. – М.: ДМК 2004. – 432 p. [in Russian].

Стаття надійшла 12.11.10.

Рекомендована до друку
д.т.н., проф. Драгобецьким В.В.