

СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА АДАПТИВНОТО УПРАВЛЕНИЕ ПО ТОЧНОСТ ПРИ ММ С ЦПУ

Илия Четроков

Abstract: Presented in this writing is a computer simulation mathematical and statistical model of the dimensions generating in CNC turning. Using output data of actual processes virtual diagrams illustrating the effect of random and systematic factors are generated as the number of processed parts function. Specialized software is applied for generating diagrams of complex adaptive control and active control. This computer simulation model allows predicting of the potentials of the various accuracy control procedures, and selecting appropriate variants.

Keywords: Mechanical engineering, adaptive control, active control, computer simulation, CNC lathe

1. Въведение

В резултат на различни смущаващи фактори машиностроителните изделия се получават с различно качество. Това явление е известно, като разсейване на качествените показатели.

Прилагането на управление на технологичния процес цели да се намали разсейването на качествените показатели. От гледна точка на точността на получаваните размери, това се изразява в намаляване на тяхното разсейване. Адаптивното управление (АУ) на точността е свързано с намаляване на грешките от силови деформации, които доминират при първите преходи на обработване. Приложението на този метод най-често води до намаляване на разсейването на размерите при грубо обработване [1].

Активният контрол (АК) се реализира по информация за стойността на качествен показател. Характерно е че управлението се води по изходящите параметри на детайлите (размери и други качествени показатели) [2].

При реализации на системи за автоматично управление (САУ) управление на точността на технологичния процес се прилага обединяване на системите, като двуконтурна САУ [3]. Обединението на двата метода за работа в единна система води до значително намаляване на разсейването на качествените показатели при механично обработване на детайли.

Прилагането на компютърна симулация на технологичния процес и на методите за

управление на точността, дава възможност за прогнозиране на възможностите за приложението на тези методи и тяхната ефективност при зададени изисквания към точността на детайлите [7].

В настоящата работа се разглежда възможността да се генерират компютърно диаграми на точността на процеса механично обработване, като се разглежда работа на АУ и АК и се извърши сравнение на разсейването на качествените показатели при съвместната им работа и без прилагане на АУТ.

2. Разсейване на размерите

Познанието за характера на разсейването, като случаен процес е в основата на управлението на точността. Възможно е аналитично описание на разсейването, чрез теорията на случайните величини и случайните функции.

Представянето на дискретен технологичен процес се извършва, чрез диаграма на точността, която представя разсейването на определен качествен показател, като функция на времето на работа [8].

Стойностите, получавани за определен качествен показател се разсейват в границите на вероятното поле на разсейване ω_{Σ} . За даден момент от процеса определен с времето τ_{Σ} , разсейването притежава поле на разсейване ω_{MS} , наречено мигновено поле на разсейване.

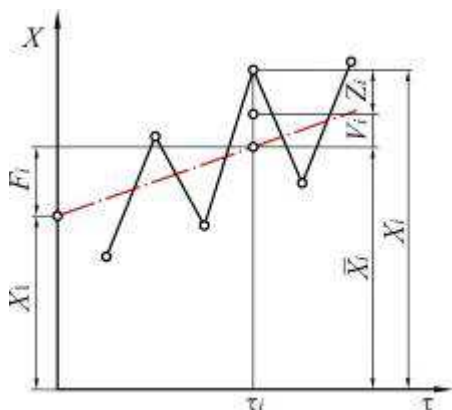
То се определя от следната сума:

$$\omega_{MS} = \sqrt{\omega_H^2 + \omega_{CS}^2 + \omega_{3S}^2} \tag{1}$$

където ω_H е полето на разсейване на грешката от размерното настройване;

ω_{CS} - полето на разсейване на случайните грешки в момента τ_S ;

ω_{3S} - полето на разсейване на систематичните грешки в момента τ_S ;



Фиг.1. Промяна на качествения показател X спрямо номиналната стойност в момент от време t

При моделирането на процеса с теорията на случайните функции [5] отклонението на качествения показател спрямо номиналната стойност в даден момент от времето може да се представи чрез фиг. 1.

Според фигурата, размерът X_i , получен при цикъла τ_i , може да се представи с формулата:

$$X_i = \bar{X}_1 + F_i + V_i + Z_i = \bar{X}_i + F_i + Z_i, \tag{2}$$

където \bar{X}_1 е настроенния размер в началото на работа;

F_i – средната стойност на детерминираната систематична съставляща на изместването на настройката;

V_i - случайната съставляща на изместването на настройката, явяваща се корелирана функция на аргумента τ ;

Z_i - случайна некорелирана функция на аргумента τ , характеризираща собствено случайното (мигновено) разсейване.

На базата на тези модели може да се генерира точкова диаграма, която представя технологичния процес.

2. Генериране на диаграма на точността на процеса

Генерирането на диаграма на точността на процеса, чрез компютърна симулация може да се извърши по разгледаните модели. Вероятната стойност на параметъра на качеството X_n за изделието с пореден номер n от партидата се определя от сумата:

$$X_n = \bar{X}_n + x_n, \tag{3}$$

където \bar{X}_n е средната стойност на качествения показател определена от уравнението на регресия:

$$\bar{X}_n = \tilde{a} + \tilde{b}n, \tag{4}$$

x_n – вероятното отклонение на качествения показател от средната стойност.

Определянето на \bar{X}_n се извършва по зададени коефициенти \tilde{a} и \tilde{b} на уравнението на регресия.

Определянето на x_n се извършва чрез генериране на случайни числа от закона на разпределението на Гаус със зададено средно квадратично отклонение, съответстващо на зададено мигновено поле на разсейване.

По такъв начин, като се изменят началните условия на процеса, може да се генерират различни диаграми, които по-нататък да се изследват за приложимост и ефективност на автоматичното управление на точността.

2.1. Адаптивно управление на точността

За експериментиране на модела и алгоритъма за адаптивно управление е приложено моделиране на силовите деформации в технологичната система [4]. Получен е модел за силовите деформации при разстъргване на цилиндрични отвори с конзолно закрепен инструмент и е определено разсейването на размерите за изследвания диапазон от входящи фактори при моделирането (дълбочина на рязане a и подаване f). $a_{min}=0,25mm$; $a_{max}=0,75mm$; $f_{min}=0,1mm/об$; $f_{max}=0,5mm/об$

Уравнението на регресия за модела в натурални координати е:

$$y(a, f) = 8 + 71,4a + 8,1f + 925af - 120,4a^2 - 219,3f^2 \tag{5}$$

От получения математически модел е възможно да се определи разсейването на размерите без АУТ

$$\omega_{\Sigma y} = \Delta y + \omega_y$$

където Δy е нарастването на деформацията при вариране на променливите фактори в границите на модела от минималното до максималното им ниво;

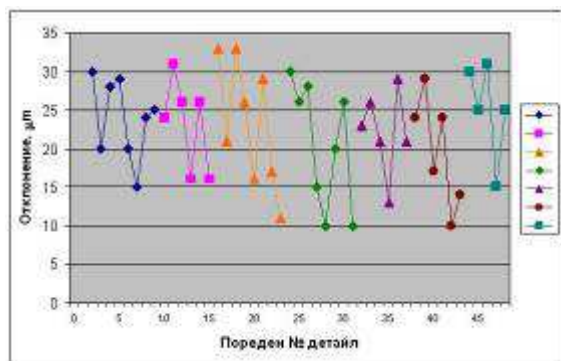
ω_y - поле на разсейване около уравнението на регресия.

При прилагане на алгоритмите за адаптивно управление на точността (АУТ) се използва математическият модел на процеса и за всеки детайл в зависимост от, получаващата се дълбочина на рязане се генерира съответно изречение в управляващата програма на ММ с ЦПУ.

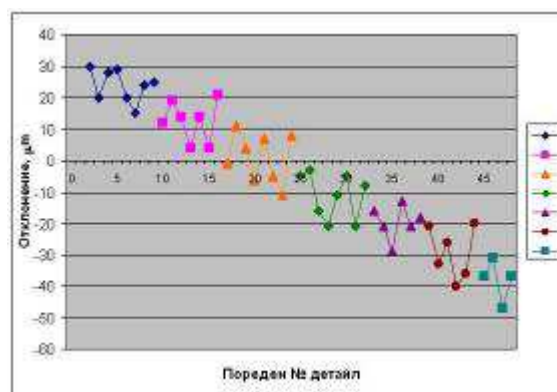
2.2. Експериментално изследване на АК с АУ

За добиване на представа за възможностите на компютърната симулация ще бъдат представени резултати от експериментално изследване на работата на АУ и АК.

Грубото разстъргване се извършва при условия, аналогични на тези, при които е снет модела за силовите деформации. Разстъргва се партида от 50 заготовки с вариране на дълбочината на рязане от 0,25 до 0,75mm. За всяка заготовка подаването се определя от компютърната система в съответствие с алгоритъма за АУ. Чистото обработване е осъществено с прилагане на алгоритми за активен контрол след обработването (АКСО) [6]. За експерименталното изследване са използвани специализиран софтуер за АУ и за АКСО. На фиг. 2 е представена точкова диаграма на изследвания процес.



Фиг.2. Експериментална диаграма на разстъргване с АУТ и АКСО, $T=50\mu m$.



Фиг.3. Генерирана диаграма на разстъргване без АКСО.

Ефекта от прилагането на АУТ и АКСО, може да бъде представен чрез сравнение получената диаграма и представената на Фиг3 компютърно генерирана диаграма на процеса без прилагането на АКСО.

3. Генериране на диаграми на точността на процеса за прогнозиране на ефективността на адаптивното управление.

С помощта на компютърна симулация се изследват процеси на обработване с прилагане на АУТ и АКСО и процеси при които не е приложено АУТ при грубото разстъргване. За целта се генерират размери на заготовките и детайлите, подчиняващи се на нормалния закон на разпределение.

От математическия модел за грубо разстъргване, от статистическите характеристики за изследваните реални процеси и получените резултати за уточняването е възможно да се генерират диаграми на точността по зададени характеристики.

1. Генерират се случайни числа с нормално разпределение по закона на разпределението на Гаус със зададено средно квадратично отклонение, съответстващо на зададено мигновено поле на разсейване. За мигновеното поле на разсейване се задават стойности, които съответстват на обработване с АУТ или без АУТ.
2. Генерират се стойности съответстващи на чисто разстъргване, като се използват получените резултати от генерираните стойности на размерите

за грубо разстъргване и известните коефициенти на уточняване.

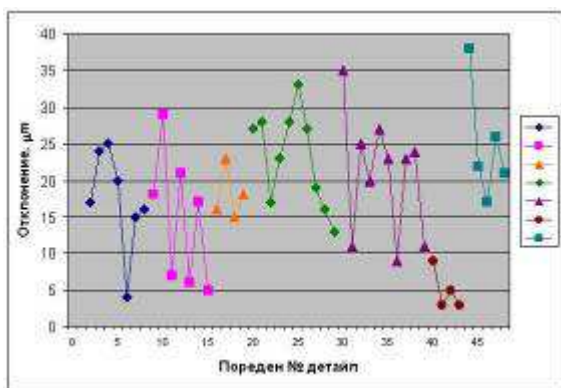
- Получените стойности се въвеждат в специализирания софтуер за АКСО. Получават се съответните стойности за поднастроечните импулси и се получава генерираната диаграма на точността на процеса.

За да се оцени ефективността на АУТ са генерирани диаграми с прилагане на АУТ и без прилагане на АУТ.

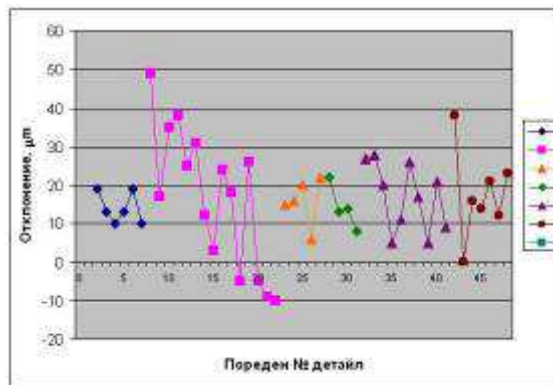
Изискванията към точността на обработването ще са в два варианта:

- $T = 50 \mu m$; $EI = 0 \mu m$; $ES = 50 \mu m$ ($\omega/T = 0,74$ без АУ, $\omega/T = 0,52$ с АУ);
- $T = 70 \mu m$; $EI = 0 \mu m$; $ES = 70 \mu m$ ($\omega/T = 0,53$ без АУ, $\omega/T = 0,37$ с АУ);

За първия вариант на точност и прилагане на АУТ при грубото разстъргване симулацията на активния контрол е представена на фиг.4. Вижда се, че размерите на обработените детайли са в границите на допусковото поле. Системата за активен контрол осигурява постигане на зададената точност. При симулацията за този вариант без прилагана на АУТ фиг. 5. се вижда, че размерите на обработените детайли излизат извън границите на допусковото поле. В този случай системата за активен контрол не осигурява зададената точност.

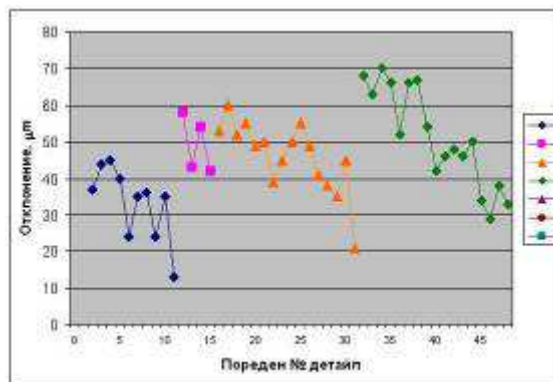


Фиг.4. Генерирана диаграма на разстъргване с АУТ, $T=50\mu m$.

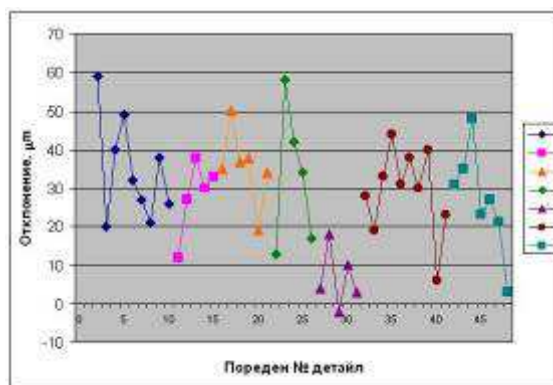


Фиг.5. Генерирана диаграма на разстъргване без АУТ, $T=50\mu m$.

При втория вариант на точност се наблюдават аналогични случаи. При работа с АУТ за грубото разстъргване фиг.6., активния контрол осигурява постигане на зададената точност. Когато не се приложи АУТ фиг.7. се наблюдава детайл, който е с размери извън допусковото поле, т.е. активния контрол не осигурява постигане на зададената точност.



Фиг.6. Генерирана диаграма на разстъргване с АУТ, $T=70\mu m$.



Фиг.7. Генерирана диаграма на разстъргване без АУТ, $T=70\mu m$.

Причина активният контрол да не е в състояние да осигури зададената точност при работа без АУТ за изследваните случаи е, че мигновеното поле на разсейване се различава незначимо по големина от допусковото поле. Сравняването на симулираните диаграмите очевидно показва разликата при съвместна работа на системата за АК и прилагането на АУ.

Изводи и заключение

Проведените изследвания доказват, че прилагането на компютърна симулация на адаптивно управление и активен контрол е подходяща за прогнозиране на възможността за прилагане на тези методи за управление на технологични процеси и ефективността от прилагане на адаптивното управление за постигане на зададена точност при обработване на детайли.

Литература

- [1] Адаптивное управление станками, под ред. Балакшина Б.С., Москва, Машиностроение, 1973
- [2] Волосов С. Активный контроль размеров. Москва, Машиностроение, 1984.
- [3] Георгиев В, С. Салапатева, И. Четроков, С. Лилов. Системи за осигуряване точността на размерите на детайли в машиностроенето изработвани на металорежещи машини с цифрово програмно управление. Международна конференция “Автоматика и информатика`08”, София, 1-4 октомври 2008, стр. V16 – V18
- [4] Георгиев В., И. Четроков. Моделиране на деформационното поведение на технологичната система при механично обработване АМТЕСН 2005, Русе, 2005, стр.375-380.
- [5] Невельсон М. С. Автоматическо управление точностью маталлообработки. Ленинград, Машиностроение, 1973.
- [6] Салапатева С. Технологични изследвания за активен контрол при струговане с ЦПУ. Дисертация за присъждане на образователна и научна степен „доктор”. Пловдив, 2005.
- [7] Салапатева С, И. Четроков, В. Георгиев. Изследване характеристиките на технологичния процес при ММ с ЦПУ чрез компютърна симулация за интелигентно

компютърно управление на точността. Международна конференция “Автоматика и информатика`07”, София, 3-6 октомври 2007, том II, стр. V29 – V32.

[8] Солонин И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения. Москва, 1972

За контакти:

п.к.8010, Бургас,
бул. „проф. Якимов” № 1 ,
Университет „проф. д-р Асен
Златаров” , Технически колеж,
главен асистент, доктор
Илия Четроков
e-mail: il_chetrokov@abv.bg