

УДК 621.91.002

**О.О. Жолобов, к.т.н., доц.**  
**В.М. Пашкевич, к.т.н., доц.**  
**М.Ф. Пашкевич, д.т.н., проф.**

*Могильовський державний технічний університет (Білорусь)*

### **КЕРУВАННЯ ТОЧНІСТЮ ОБРОБКИ РІЗАННЯМ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ СУМАРНОЇ ПОГРІШНОСТІ І КЕРУВАННЯ ЇЇ ВЕЛИЧИНОЮ**

*Представлено математичну модель сумарної погрішності обробки і викладені особливості розрахунку складових цієї погрішності. Показано, що розрахунок варто вести з урахуванням фактичного стану і точності технологічного устаткування й оснащення, включаючи кінематичну точність формотворних рухів.*

У машинобудуванні проблема керування точністю обробки пов'язана з використанням складних систем автоматичного керування точністю [1, 2, 3] або приладів активного контролю на фінішних операціях [4]. В обох випадках рішення цієї проблеми є дуже дорогим і може бути економічно виправданим тільки для умов масового виробництва. Відносно керування точністю в серійному виробництві, що є в даний час основним видом виробництва в загальному машинобудуванні, то аналіз показує, що ця проблема для таких умов виробництва поки не вирішена, і вирішувати цю проблему такими ж методами, як у масовому виробництві, неможливо.

Для того, щоб у серійному виробництві ефективно керувати точністю обробки, необхідний глибокий і всебічний аналіз формування погрішностей обробки на досліджуваній операції з урахуванням передісторії формоутворення раніше оброблених поверхонь, тобто з урахуванням технологічної спадковості. Зробити це можна на основі моделювання сумарної погрішності обробки, аналізу моделі і розробки методів та засобів зменшення найбільш значимих її складових.

Математична модель сумарної погрішності обробки являє собою суму відносних зсувів заготовки й інструмента, у результаті чого оброблена поверхня буде мати розміри, форму і розташування, відмінні від заданих. Зсуви відраховують у системі координат, пов'язаної з номінальною оброблюваною поверхнею. Поява зсувів елементів технологічної системи пов'язана з дією переважно теплових і силових факторів, а також з цювою і збільшенням у процесі обробки зносу пристосування й інструмента. Елементарні погрішності обробки, викликані зазначеними зсувами, формуються під впливом одного чи декількох факторів.

Таким чином, математична модель сумарної погрішності обробки на металорізальних верстатах являє собою математичне співвідношення для визначення цієї погрішності  $\Delta$  і може бути представлена сумою погрішностей базування  $\varepsilon_{\sigma}$ , закріплення  $\varepsilon_{\gamma}$  і пристосування  $\varepsilon_n$ , коливань пружних переміщень у технологічній системі під впливом нестабільності сил різання  $\Delta_y$ , розмірного зносу інструмента, що різє, і пристосування  $\Delta_n$ , погрішності налагодження технологічної системи на розмір, який витримується  $\Delta_n$ , що включає в себе погрішність регулювання положення інструмента  $\varepsilon_p$  і погрішність виміру  $\varepsilon_{вим}$ , коливань переміщень у технологічній системі під впливом зміни температури вузлів верстата й інструмента, що різє  $\Delta_T$ , погрішностей верстата, на якому проводиться обробка  $\Delta_c$ , а також погрішності, пов'язаної з наявністю залишкових напруг від попередньої обробки, та інших погрішностей  $\Delta_{np}$ .

Серед перерахованих погрішностей величини, позначені  $\Delta$ , у свою чергу, являють собою суми, що включають кілька елементарних доданків. Деякі з цих погрішностей носять випадковий характер, а інші є систематичними. Отже, сумарна погрішність обробки на металорізальному верстаті в умовах серійного виробництва може бути представлена так:

$$\Delta = k \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_{\gamma}^2 + \varepsilon_n^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2} + \Delta_T + \Delta_c + \Delta_{np}, \quad (1)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує відхилення закону розподілу випадкових погрішностей від нормального.

Таке представлення сумарної погрішності обробки і поділ складових цієї погрішності на випадкові і систематичні є умовним [4], однак при цьому зручно вести розрахунок і аналізувати ці погрішності, особливо з застосуванням ЕОМ.

При обробці на верстатах із ЧПУ математична модель сумарної погрішності може включати додатково погрішності інтерполятора, погрішності апроксимації траєкторії інструмента, а також погрішності привода подачі верстата [5, 6]. Ці погрішності найчастіше відносять до розряду систематичних.

Керування точністю обробки різанням пов'язано із забезпеченням (з визначеним запасом) заданої точності за визначеним параметром. Як параметр точності на виконуваний операції виступають допуски виконуваного розміру, відхилення форми і розташування поверхонь. Кожний з цих параметрів точності є функцією всіх чи окремих елементарних погрішностей, що визначають сумарну погрішність обробки.

Підвищення точності обробки досягається підвищенням точності кожного з параметрів, скороченням величин і числа елементарних погрішностей, що впливають на той чи інший параметр точності, зменшенням чутливості технологічної системи до умов обробки, компенсацією домінуючих впливів на технологічну систему, що визначає найбільш значні погрішності обробки.

Таким чином, керувати точністю обробки різанням означає керувати складовими сумарної погрішності обробки. Ця задача для умов серійного виробництва може бути вирішена експериментально-теоретичним шляхом на основі визначення складових сумарної погрішності й аналізу математичної моделі (1) з позиції мінімізації функції  $\Delta$  чи керування її величиною при забезпеченні найбільш оптимальних параметрів технологічного процесу. Мінімізація функції  $\Delta$  пов'язана з розрахунковим визначенням її складових і використанням великої бази довідкових даних, створенням методів і засобів зменшення елементарних погрішностей, обліком фактичного стану устаткування, а також кінематичних погрішностей їхніх приводів та ланцюгів формотворних рухів.

Розглянемо особливості розрахунку деяких складових сумарної погрішності обробки.

При розрахунку погрішності базування  $\epsilon_{\delta}$  звичайно зневажають відхиленнями форми і розташування поверхонь заготовок, технологічними базами. Однак ці відхилення можуть бути дуже істотними і переноситися на оброблений профіль деталі. Отже, при керуванні точністю обробки зневажати цими відхиленнями не можна.

Методика розрахунку погрішностей базування з урахуванням відхилень форми і розташування базових поверхонь наведена в [3, 7]. При розрахунку на ЕОМ ця методика пов'язана зі значними труднощами, обумовленими ідентифікацією баз, складанням матриці нормальних координат опорних крапок і матриці зв'язків, що накладаються, для приведення реальних схем базування до теоретичного. Ми відмовилися від теоретичних схем базування і правила шести точок, у результаті чого істотно спростили методику розрахунку, що полягає в наступному.

При базуванні заготовок на верстатах (у пристосуванні чи без такого) здійснюється сполучення системи координат  $X_1Y_1Z_1$  основних баз заготовки із системою координат  $X_0Y_0Z_0$  допоміжних баз верстата та із системою координат  $X_{11}Y_{11}Z_{11}$  допоміжних баз пристосування. Погрішність такого сполучення визначає відхилення фактично досягнутого положення заготовки від необхідного, тобто погрішність базування.

Погрішності виконуваних розмірів залежать як від зсувів базових поверхонь заготовки в напрямку цих розмірів, так і від їхніх поворотів, причому на відхилення розміру в напрямку якої-небудь координатної осі впливають зсуви уздовж цієї осі, а також зсуви і повороти навколо двох інших осей.

У найбільш загальному випадку погрішність базування деталі визначається вектором  $\epsilon_{\text{дс}}$  зсувів і вектором  $\sigma(\varphi, \psi, \Theta)$  поворотів. При цьому вектор зсувів можна представити векторною сумою, тобто

$$\varepsilon_{dc} = \varepsilon_{nc} + \varepsilon_{dn}, \tag{2}$$

де  $\varepsilon_{dc} (\varepsilon_{dxo}, \varepsilon_{dyo}, \varepsilon_{dzo})$  – вектор зсувів деталі відносно системи координат верстата;

$\varepsilon_{nc} (\varepsilon_{nxx}, \varepsilon_{nyo}, \varepsilon_{nzo})$  – вектор зсувів пристосування відносно системи координат верстата;

$\varepsilon_{dn} (\varepsilon_{dxx}, \varepsilon_{dy}, \varepsilon_{dzo})$  – вектор зсувів деталі відносно системи координат пристосування.

Наведену векторну суму можна представити в координатній формі:

$$\varepsilon_{dxo} = \varepsilon_{nxx} + \varepsilon_{dxx}; \tag{3}$$

$$\varepsilon_{dyo} = \varepsilon_{nyo} + \varepsilon_{dy}; \tag{4}$$

$$\varepsilon_{dzo} = \varepsilon_{nzo} + \varepsilon_{dzo}. \tag{5}$$

Кожне із  $\varepsilon_{dx}$ ,  $\varepsilon_{dy}$  і  $\varepsilon_{dz}$  у рівняннях (3...5) містить у собі складову погрішності базування, обумовлену розбіжністю технологічної та вимірювальної баз деталі, а також складову цієї погрішності, пов'язану з відносним зсувом технологічної бази в напрямку виконуваного розміру у зв'язку з погрішностями її форми, що мають місце.

Погрішності, пов'язані з базуванням пристосування (перші складання рівнянь), найчастіше можуть бути компенсовані настроюванням, однак у кожному конкретному випадку їхній вплив на точність виконуваного розміру повинен розглядатися окремо.

Якщо координатна система  $X_1Y_1Z_1$  не тільки зміщена, але і повернена відносно системи  $X_0Y_0Z_0$ , то погрішності розмірів деталі, обумовлені погрішностями її базування відносно осей  $X_0$ ,  $Y_0$  і  $Z_0$ , можуть бути визначені за формулами:

$$\begin{pmatrix} \Delta_{x1} \\ \Delta_{y1} \\ \Delta_{z1} \end{pmatrix} = \pi \begin{pmatrix} \varepsilon_{dxo} \\ \varepsilon_{dyo} \\ \varepsilon_{dzo} \end{pmatrix}, \tag{6}$$

де  $\pi$  – матриця перетворення простору, що відображає його послідовні повороти на кути  $\varphi$ ,  $\psi$  і  $\theta$  навколо координатних осей  $X_0$ ,  $Y_0$  і  $Z_0$  відповідно.

Кути повороту  $\varphi$ ,  $\psi$  і  $\theta$ , як і зсуву  $\varepsilon_{dxo}$ ,  $\varepsilon_{dyo}$ ,  $\varepsilon_{dzo}$ , визначаються на основі погрішностей форми і розташування поверхонь заготовки і пристосування, що використовуються як технологічні бази на розглянутій операції.

Матриця  $\pi$  характеризується малими значеннями кутів повороту, тому вона може бути представлена так:

$$\pi = \begin{pmatrix} 1 & \theta & -\psi \\ -\theta & 1 & \varphi \\ \psi & -\varphi & 1 \end{pmatrix}. \tag{7}$$

Підставивши в (6) матрицю (7) і виконавши формальні перетворення, одержимо формули для розрахунку погрішностей базування в напрямках осей  $X_1$ ,  $Y_1$  і  $Z_1$  з урахуванням погрішностей форми і розташування базових поверхонь оброблюваної деталі:

$$\Delta_{x1} = \varepsilon_{dxo} + \varepsilon_{dyo}\theta - \varepsilon_{dzo}\psi; \tag{8}$$

$$\Delta_{y1} = \varepsilon_{dyo} - \varepsilon_{dxo}\theta + \varepsilon_{dzo}\varphi; \tag{9}$$

$$\Delta_{z1} = \varepsilon_{dzo} + \varepsilon_{dxo}\psi - \varepsilon_{dyo}\varphi. \tag{10}$$

Зсуви і кути повороту оброблюваної деталі, що входять у співвідношення (8)–(10), можна знайти з наступних розумінь.

Відомо [4], що при пормуванні допусків форми і розташування поверхонь встановлені 16 ступенів точності (перша – найбільш точна). При цьому в залежності від співвідношення між допуском розміру та допуском форми і розташування встановлено три рівні відносної геометричної точності:

$A$  – нормальна відносна геометрична точність (допуски форми і розташування в середньому складають 60 % від допуску розміру);

$B$  – підвищена відносна геометрична точність (допуски форми і розташування в середньому складають 40 % від допуску розміру);

$C$  – висока відносна геометрична точність (допуски форми і розташування в середньому складають 25 % від допуску розміру).

Для циліндричності, круглості і профілю поздовжнього перетину циліндричних поверхонь відносна геометрична точність для рівнів  $A$ ,  $B$  і  $C$  складає відповідно 30, 20 і 12 % від допуску розміру, тому що ці відхилення відносять до радіуса.

Таким чином, при розрахунку погрішностей базування величини погрішностей форми і розташування базових поверхонь варто приймати в зазначених вище межах у залежності від допуску на відповідний розмір.

Визначення величини інших складових сумарної погрішності обробки, що входять у математичну модель (1), повинне бути пов'язане з особливостями і ходом конкретної операції, параметрами технологічного процесу, станом пристосування і базових поверхонь оброблюваних заготовок, коливаннями припуску на обробку, фактичним станом верстата, його характеристиками твердості і точності, включаючи кінематичну точність формотворних рухів. Ці відомі з теоретичних основ технології машинобудування положення при керуванні точністю обробки одержують конкретне значення: не можна одержати високу точність обробки (звичайно, методом автоматичного одержання розміру на набудованих верстатах) при низькій точності устаткування і технологічного оснащення. Звідси випливає висновок, що ефективно керувати точністю обробки можна тільки на основі узгодження вимог точності з фактичним станом верстата, пристосування й інструмента. На жаль, при розрахунку погрішностей обробки використовуються лише паспортні характеристики технологічного устаткування й оснащення, що можуть дуже сильно відрізнятися від фактичних. У цьому зв'язку для аналізу математичної моделі (1) необхідна база даних про фактичні характеристики точності верстатів і технологічного оснащення як функції їхнього технічного стану, що повинний систематично і постійно оновлюватися.

При дослідженні точності обробки деталей з номінальною циліндричною поверхнею широко використовують методи спектрального аналізу [4, 8]. Функцію  $\Delta$  для будь-якого поперечного перерізу можна представити у вигляді ряду Фур'є з кінцевим числом членів  $k = n$ :

$$\Delta(\varphi) = \frac{a_0}{2} + \sum_k^n (a_k \cos k\varphi + b_k \sin k\varphi), \quad (11)$$

де

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \Delta(\varphi) \cos k\varphi d\varphi ;$$

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \Delta(\varphi) \sin k\varphi d\varphi ;$$

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \Delta(\varphi) d\varphi .$$

При такому представленні функції  $\Delta$  члени її розкладання мають фізичний сенс: нульовий член розкладання  $a_0/2$  дорівнює середньому значенню функції за період  $T = 2\pi$ . Ця величина характеризує відхилення розміру і не залежить від полярної координати  $\varphi$ . Перший член розкладання  $\sqrt{a_1^2 + b_1^2} \cos(\varphi + \varphi_1)$  характеризує ексцентриситет з амплітудою  $c_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$  і фазою  $\varphi_1$ . Другий член ряду Фур'є характеризує овальність, третій – огранювання з тривершинним профілем і т. д. Наступні члени ряду характеризують хвилястість у поперечному перерізі, а при великих значеннях  $k$  – шорсткість. Таке ж розкладання функції  $\Delta$  можна зробити і для поздовжнього перетину циліндричної деталі.

На рис. 1 представлений експериментально отриманий профіль поперечного перерізу циліндричної деталі, обробленої на токарно-гвинторізальному верстаті, а на рис. 2 – дискретний амплітудно-частотний спектр погрішностей у цьому поперечному перерізі.

Аналіз показав, що деякі амплітуди спектра погрішностей циліндричної деталі в її поперечному перерізі тісно корелюють з відповідними амплітудами спектра кінематичних

погрішностей ланцюга головного робочого руху верстата. Це підтверджує зроблений вище висновок про необхідність ув'язування точності обробки з точністю верстата, у тому числі з точністю його формотворних рухів. Останнє особливо важливо, коли мова йде про точність фасонних поверхонь, зубчастих коліс, шліцьових валів, черв'яків, різьблень і т. д.

У науково-технічній літературі немає вичерпних зведень про вплив кінематичної точності формотворних рухів верстатів на погрішності форми і розташування оброблюваних поверхонь. Промислові підприємства не мають у своєму розпорядженні вимірювальні засоби для оцінки кінематичної точності формотворних рухів верстатів, а тому створити ефективну систему керування точністю обробки, що враховує викладені вище вимоги й особливості, практично неможливо.

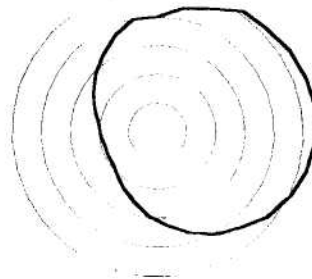


Рис. 1. Форма одного із поперечних розсікань вала, обробленого точенням

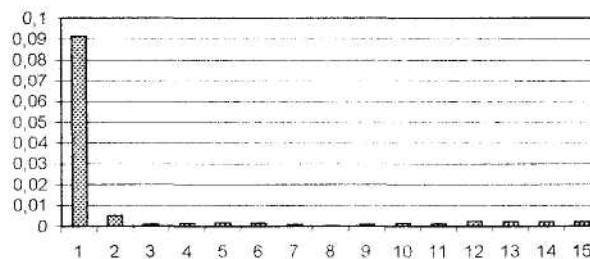


Рис. 2. Амплітудно-частотний спектр погрішностей поперечного січення вала, обробленого точенням

У цьому зв'язку ми розробили відповідну методику, що може бути успішно реалізована на будь-якому підприємстві. Вона заснована на застосуванні автоматизованої системи контролю кінематичної точності і містить у собі первинний перетворювач кутових переміщень типу VE178A, інформаційно-вимірювальну систему, виконану на базі ПЕОМ, постаченою спеціальною платою розширення типу BORDO-50 (розробка Білдержуніверситету), і програмний комплекс для обробки інформації.

Перетворювач кутових переміщень оснащений оптичним формувачем імпульсів, що утворюють за один оборот 2500 імпульсів. Плата розширення функціональних можливостей ПЕОМ являє собою цифровий осцилограф, що забезпечує можливість реєстрації послідовності імпульсів у цифровому виді з частотою виміру до 50 Мгц і працюючий у середовищі Windows. Програмний комплекс забезпечує наступну обробку експериментальних даних у середовищі Microsoft Exel і графічне представлення результатів.

Вимір кінематичних погрішностей ланцюгів формотворних рухів виробляється в такий спосіб. До вихідного вала (шпинделя чи гвинта механізму подачі) коробки чи швидкостей коробки подачі верстата приєднується за допомогою спеціальної муфти перетворювача VE178A. При обертанні вихідного вала перетворювачем формується послідовність прямокутних імпульсів рівної амплітуди, але різної шпаруватості, пов'язаної з наявністю кінематичних погрішностей і, як наслідок, нерівномірністю обертання цього вала. Мірою нерівномірності

обертання відомого вала є відхилення частоти проходження імпульсів від її середнього значення. Тому кінематична погрішність досліджуваного ланцюга оцінюється за формулою:

$$F = (t_k - \frac{2\pi}{N\omega} k) \omega R, \quad (12)$$

де  $t_k$  – час, що відповідає початку фронту  $k$ -го імпульсу;

$\omega$  – кутова частота обертання вихідного вала;

$N$  – число вимірів за один оборот вихідного вала;

$R$  – радіус, до якого віднесена кінематична погрішність (радіус оброблюваної деталі, радіус ділильного кола нарізання зубчастого колеса, середній радіус нарізання різьблення тощо).

З урахуванням середньої тривалості імпульсів  $t_{cp}$  формулу (12) можна привести до більш зручного для розрахунків вала:

$$F = (t_k - kt_{cp})\omega R. \quad (13)$$

На рис. 3 представлені результати дослідження кінематичних погрішностей коробки, що редукує, при частоті обертання вихідного вала  $100 \text{ об}^{-1}$ . На рис. 3, а зображена послідовність імпульсів, зареєстрована інформаційно-вимірювальною системою. Видно, що у зв'язку з кінематичними погрішностями, що мають місце, відомий вал обертається нерівномірно і тому тривалість імпульсів і їхній період не є постійними. На рис. 3, б представлений графік зміни кінематичної погрішності за один оборот вихідного вала. Величина кінематичної погрішності віднесена до радіуса 100 мм і виражена в мкм. З огляду на наявність високочастотних шумів механізму, пов'язаних з вібраціями, можна робити їхню цифрову фільтрацію шляхом використання процедури експонентного згладжування [9]:

$$F'_k = \alpha F_k + (1 - \alpha) F_{k-1}, \quad (14)$$

де  $\alpha$  – показник фільтрації.

Експериментально встановлено, що при використанні перетворювача BE178A найбільш доцільно застосовувати наступні величини показника фільтрації:

- $\alpha = 0,1$  – для відділення високочастотної області;
- $\alpha = 0,06$  – для часткового згладжування області середньої частоти;
- $\alpha = 0,02$  – для глибокої фільтрації середньо- і високочастотної областей.

На рис. 3, у представлений графік зміни кінематичної погрішності після її фільтрації з  $\alpha = 0,06$ , а на рис. 3, з – дискретний амплітудний спектр фільтрованої кінематичної погрішності.

Програмне забезпечення автоматизованої системи дозволяє також після візуального аналізу структури спектра виділити з нього резонанси, побудувати автокореляційну функцію, а також виконати в автоматичному режимі ряд інших математичних процедур для одержання вичерпної інформації про кінематичну точність досліджуваного ланцюга.

На основі результатів досліджень кінематичної точності ланцюга формотворного руху верстата можна одержати математичні співвідношення для розрахункового визначення значень амплітуд гармонійних складових кінематичної погрішності верстата і відповідних амплітуд гармонійних складових сумарної погрішності обробки. Варто очікувати, що амплітуда однієї і тієї ж гармонійної складової сумарної погрішності для різних верстатів, що мають різні величини кінематичних погрішностей формотворних рухів, буде різною при інших однакових умовах, і в цьому буде виявлятися вплив стану верстата на точність обробки. Вплив верстата на точність обробки фасонних поверхонь очевидно буде позначатися ще в більшій мірі.

Таким чином, викладений метод керування точністю обробки різанням для умов діючого серійного виробництва пов'язаний з уточненим розрахунком та аналізом погрішностей обробки на основі формування і відновлення банку даних про фактичний стан технологічного устаткування й оснащення. Цей метод визначає проведення на підприємстві комплексу визначених організаційно – технічних заходів, пов'язаних з оцінкою фактичних характеристик точності устаткування й оснащення, розробкою і широким використанням комп'ютерних методів оцінки точності обробки на всіх технологічних операціях.

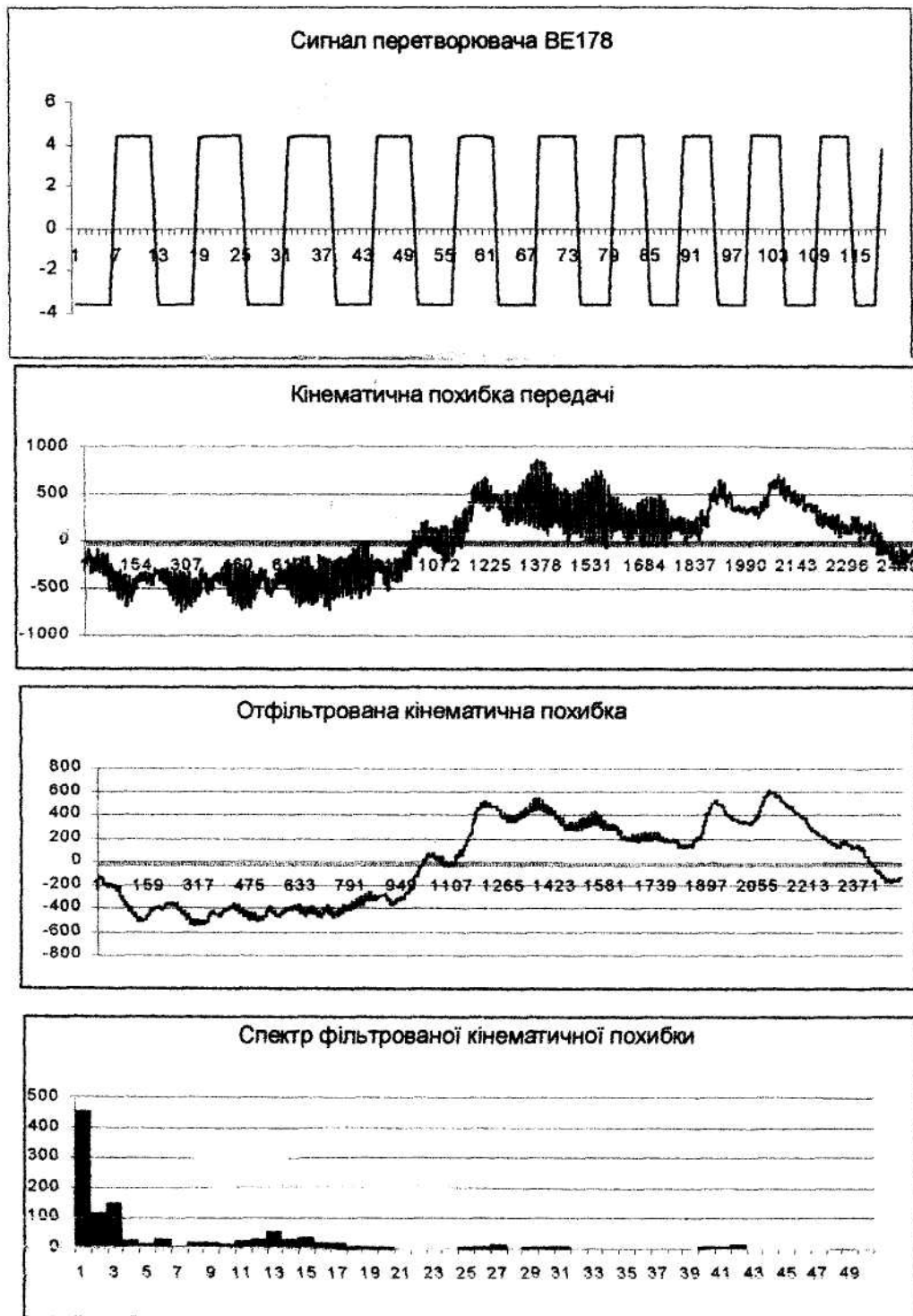


Рис. 3. Результати обробки експериментальних даних інформаційно-виміральною системою

У рамках виконання завдання республіканської міжвузівської програми фундаментальних досліджень “Машинобудування-1” у Могильовському державному технічному університеті ведуться роботи зі створення автоматизованої системи керування точністю обробки лезвійними й абразивними інструментами з використанням і на основі викладеного вище методичного підходу.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Самоподнастраивающиеся станки / Под ред. Б.С. Балакшина – М.: Машиностроение, 1970. – 387 с.
2. Адаптивное управление станками / Под ред. Б.С. Балакшина – М.: Машиностроение, 1973. – 688 с.
3. Соломенцев Ю.М., Митрофанов В.Г., Протопопов С.П. и др. Адаптивное управление технологическими процессами. – М.: Машиностроение, 1980 – 536 с.
4. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
5. Лещенко В.А., Богданов Н.А., Вайнштейн И.В. и др. / Под общ. ред. Лещенко В.А. / Станки с числовым программным управлением (специализированные). 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 568 с.
6. Точность и надежность станков с числовым программным управлением / Под ред. А.С. Проникова – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
7. Баранчукова И.М., Гусев А.А., Крамаренко Ю.Б. и др. / Под общ. ред. Соломенцева Ю.М. / Проектирование технологии: Учебник для студентов машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.
8. Балакшин Б.С., Волосов С.С., Душин-Барковский И.В. и др. Взаимозаменяемость и технические измерения в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1972. – 615 с.
9. Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б., Кузьмин В.И. Прогнозирование количественных характеристик процессов. – М.: Сов. радио, 1975. – 400 с.

ЖОЛЮБОВ Олександр Олексійович. – кандидат технічних наук, доцент, проректор з навчальної роботи Могильовського державного технічного університету (Білорусь).

Наукові інтереси:

– теоретичні та експериментальні основи прогнозування поведінки технологічних систем і процесів на стадії їх проектування.

ПАШКЕВИЧ Віктор Михайлович. – кандидат технічних наук, доцент Могильовського державного технічного університету (Білорусь).

Наукові інтереси:

– розробка і дослідження нових методів та засобів автоматизованого контролю технічного рівня і діагностики механічних передач і технологічного обладнання.

ПАШКЕВИЧ Михайло Федорович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри “Технологія машинобудування” Могильовського державного технічного університету (Білорусь).

Наукові інтереси:

– створення нових типових планетарних шарикових і роликкових передач та технологічних методів підвищення технічного рівня;

– розробка основ автоматизованого проектування фінішної обробки деталей машин і технологічного оснащення для її здійснення.

Подано 17.05.2001