

Крайник Л.В. Дослідження вертикальних коливань дволанкового автовозу // Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць – Львів: НЛТУУ, 2007. – Вип. 17.5. – С.116 – 121. 3. Житенко О.В., Крайник Л.В. Динаміка коливань і компонування автовоза // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2007. – №588. – С. 31–35. 4. Кобрин М.М. Использование нагружающего резонансно-маятникового устройства при дорожных испытаниях рамы автомобиля // Автомобильная промышленность. – 1969. – №5. –С. 25–28. 5. Хачатуров А.А. Динамика системы “дорога – шина – автомобиль – водитель”. – М.: Машиностроение, 1976. – 535с. 6. Яценко Н.Н., Прутчиков О.К. Плавность хода грузовых автомобилей.– М.: Машиностроение, 1969. – 219с.

УДК 621.9.048.6

Я.М. Кусий, В.Г. Топільницький *

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра технології машинобудування,
* кафедра електронного машинобудування

МОДЕРНІЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОРЕЛЬЄФУ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

© Кусий Я.М., Топільницький В.Г., 2008

Проаналізовано прилади для контролю параметрів мікрогеометрії поверхні. Описано методику “фільтрування” інформативного сигналу, що отримують при контролі параметрів мікрорельєфу поверхні. Запропоновано модернізовану принципову схему комплексу контролю шорсткості поверхонь деталей машин.

A devices analysis for microgeometrics surface parameters control is down. Rising of control exactness of microgeometrics surface parameters control by means of filtering information signal method is described. Modernized principled details surfaces roughness control complex scheme is suggested.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Шорсткість поверхні можна контролювати двома методами: порівнянням реальної поверхні виробу з робочими зразками шорсткості, котрі мають стандартизовані значення параметра R_a (ГОСТ 9378-75), вимірюванням параметрів шорсткості за допомогою щупових та оптичних приладів. Точнішим є контактний-щуповий метод контролю з використанням “голчастого” давача-перетворювача, контактний рух якого по шорсткій поверхні дає інформативний сигнал про її форму та величину шорсткості. Цей інформативний сигнал з метою визначення кількісних часткових характеристик шорсткості поверхні опрацьовують різноманітними методами з різною точністю та трудомісткістю.

Останні вітчизняні розробки приладів, що реалізують щуповий метод, виконані понад 20 років тому; очевидно, що прилади цього типу і морально, і технічно застаріли.

Сьогодні існують два підходи до опису профілю поверхні – параметричний і непараметричний [1]. Параметричний підхід передбачає опис профілю поверхні сукупністю часткових параметрів. Діючий в країнах СНД ГОСТ 2789-73 регламентує параметри R_a , R_z , R_q , R_m , S , S_m , побудовані по профілограмі поверхні (рис. 1). Вказані параметри практично нічого не свідчать про форму мікрорельєфу. Цей недолік частково компенсує стандарт DIN 4776, який регламентує параметризацію опорної лінії профілю, за якою можна отримати параметри R_{pk} , R_k , R_{vk} (рис. 1), що характеризують у першому наближенні форму мікрогеометрії поверхні.

Непараметричний підхід передбачає опис профілю поверхні масивом даних: опорною лінією профілю, щільністю розподілу ординат профілю поверхні, функцією розподілу ординат профілю поверхні, щільністю розподілу тангенсів кутів нахилу бічних сторін мікронерівностей профілю поверхні, функцією розподілу тангенсів кутів нахилу бічних сторін мікронерівностей профілю поверхні [1].

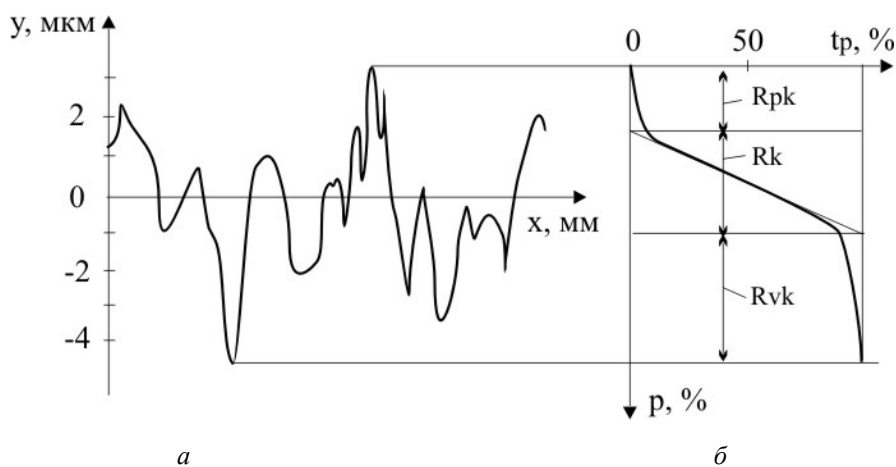


Рис. 1. Профілограма поверхневого шару (а) та форма опорної поверхні (б)

Незважаючи на обмеження можливостей параметричного методу опису профілю поверхні, він має важливу перевагу, що визначає його метрологічну значимість: простоту та конкретність у визначенні характеристик і можливість їх інструментального контролю. Непараметричний метод доволі поширений у практиці сучасних наукових досліджень. Однак, його промислове застосування обмежується складністю зіставлення профілів, необхідністю наявності експериментальних даних для нормування непараметричних характеристик.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищенню точності та зменшенню трудомісткості розрахунку топографічних характеристик мікрогеометрії поверхневого шару сприяє розроблення контрольно-вимірних комплексів на базі вітчизняних приладів, що реалізують щуповий метод, з огляду на значну вартість їхніх закордонних аналогів. Зокрема у ФМІ НАН України ім Г.В. Карпенка розроблений вимірний комплекс для визначення параметрів мікрорельєфу поверхні [2]. Принципову схему вимірного комплексу наведено на рис. 2. До його складу входять профілограф-профілометр мод. "Калібр С-265", пристрій узгодження, аналогово-цифровий перетворювач, персональний комп'ютер і прикладне програмне забезпечення.

Профілограф-профілометр призначений для зняття інформативного сигналу у вигляді електричних імпульсів про характеристики шорсткості поверхні. Пристрій узгодження необхідний для перетворення параметрів електричних імпульсів (зокрема, напруги) до значень, з якими може працювати аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). АЦП за допомогою відповідного програмного забезпечення (наприклад, програми, написаної мовою Q-Basic) перетворює аналоговий сигнал у цифровий формат. Оцифрований сигнал опрацьовують відповідним програмним забезпеченням і отримують реальні значення параметрів мікрогеометрії поверхні.

Однак на сучасному етапі проведення метрологічних вимірювань дуже гостро стоїть питання забезпечення точності вимірювань і відповідності отриманих значень реальним величинам. Професор Д.В. Васильков [1], який займається питання контролю поверхневих шарів виробів понад 30 років, розглянув принципово важливе питання фільтрування інформативного сигналу, що отримують при контролі мікрогеометрії поверхні, з виділенням з нього дестабілізуючих факторів-похибок вимірювань. Усунення паразитних складових сигналу сприятиме підвищенню точності вимірювань та адекватності отриманих величин.



Рис. 2. Принципова схема вимірного комплексу для контролю мікрорельєфу поверхні

Постановка завдання. Метою роботи є розроблення принципової схеми комплексу для контролю мікрогеометрії виконавчих поверхонь виробів машинобудування.

Виклад основного матеріалу. У своїх дослідженнях проф. Д.В. Васільков виділив такі дестабілізуючі фактори: похибку базування контрольованої поверхні стосовно давача-перетворювача; локальні неоднорідності поверхні (тріщини, пори, ділянки корозії тощо); кривизну, хвилястість; зовнішні дестабілізуючі фактори (вібрація, електричні шуми тощо). Результатом фільтрування є виділення корисного інформативного сигналу, на підставі якого визначають регламентовані параметри шорсткості. Вирішити це завдання необхідно для вибору структури, складу та принципу роботи електронно-обчислювального пристрою та алгоритму його роботи, тобто додаткового пристрою, що відсутній в існуючих аналогах вимірювання шорсткості, але який дає змогу істотно покращити метрологічні можливості та ефективність розроблюваного комплексу контролю шорсткості поверхонь. В основу дії такого допоміжного пристрою покладено принцип частотного розділення (фільтрування) корисного інформативного сигналу із сумарного сигналу, що знімають із щупового давача-перетворювача.

На рис. 3, а як приклад подано типовий профіль поверхні, що дає спотворений інформативний сигнал. Амплітудний спектр цього профілю наведено на рис. 3, б. Вимірювання шорсткості за цим вихідним профілем дає значну похибку, тому необхідно виконати фільтрування сумарного сигналу з метою виділення інформативного сигналу, що характеризує кількісно лише параметричні характеристики шорсткості поверхні.

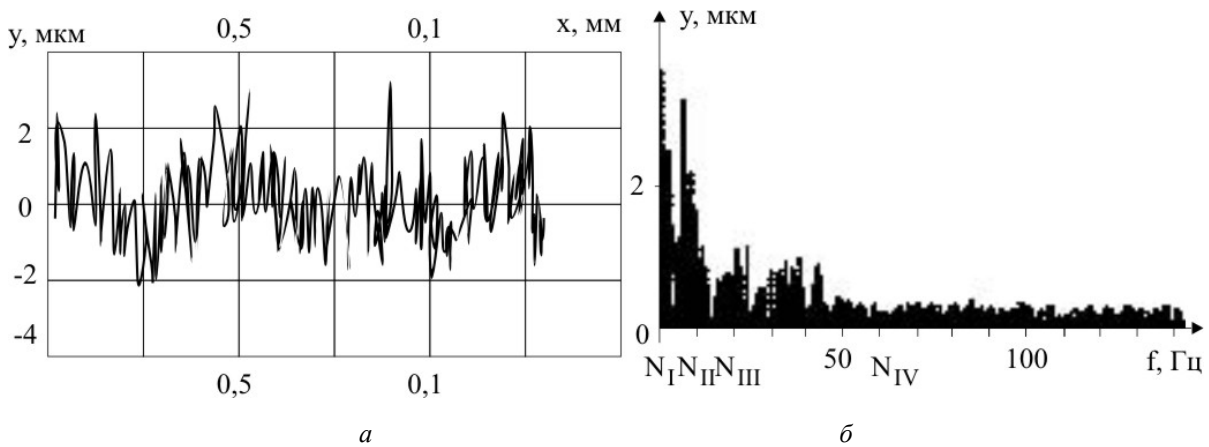


Рис. 3. Профілограма поверхні (а) і частотні діапазони амплітудного спектра (б) із паразитними складовими

Процес фільтрування здійснюють з метою відокремлення корисного інформативного сигналу на фоні всіх факторів, що дестабілізують процес вимірювання, та виділення із сумарного інформативного сигналу основні параметри шорсткості, регламентовані ГОСТом.

Таку частотну фільтрацію проф. Васильков здійснює за допомогою спеціальної програми в електронно-обчислювальній частині комплексу контролю шорсткості поверхонь.

Похибку базування контрольованої поверхні відносно положення давача-перетворювача усувають з використанням фільтра $\Phi 1$, який реалізує достатньо просту процедуру. Встановлено, що перша гармоніка амплітудного спектра з номером N_I (рис. 3, б) відповідає за нахил профілю загалом. Вилучення гармоніки із амплітудного спектра приводить до вирівнювання профілю, тобто до усунення похибки базування контрольованої поверхні стосовно давача-перетворювача.

Локальні неоднорідності та кривизну поверхні можна виділити із загального сигналу з використанням фільтра $\Phi 2$, який дає змогу виділити відповідну частину амплітудного спектра. Він містить гармоніки від N_I до N_{II} (рис. 3, б) із врахуванням умов:

$$T_i \cdot \left(\sum_{k=1}^i A_k \right)^{-1} > C_I, \quad i = N_I, \dots, N_{II}, \quad (1)$$

де T_i – період i -ї гармоніки; A_k – амплітуда k -ї гармоніки; C_I – параметр, що визначає умову площинності поверхні, $C_I = (0,1 \dots 0,3)$ мм.

Виділення з амплітудного спектра гармонік N_I , N_{II} (рис. 3, б) дає змогу локалізувати макровідхилення профілю поверхні з метою їх усунення із сумарного інформативного сигналу. З іншого боку, усунення їх з амплітудного спектра дає можливість сформулювати умовний профіль, для якого виконується умова (1).

Хвилястість поверхні виділяють із загального сигналу з використанням фільтра $\Phi 3$, який дає змогу виділити частину амплітудного спектра (рис. 3, б), що відображає хвилястість поверхні і виділяє гармоніки в інтервалі від N_{II} до N_{III} . Номер гармоніки N_{III} визначається виконанням умови:

$$\frac{T_i}{A_i} > \frac{U}{R_m} \cdot k_S, \quad i = N_{II}, \dots, N_{III}, \quad (2)$$

де U , R_m – параметри, що враховують режими різання та характеристики верстатів при механічному обробленні; k_S – поправковий коефіцієнт.

Шуми та наведення самої вимірної системи комплексу відсікають за допомогою фільтра $\Phi 4$, починаючи з N_{IV} гармоніки (рис. 3, б), номер якої визначають виконанням умови:

$$\frac{T_i}{A_i} < \frac{U}{8 \cdot R_m} \cdot k_S, \quad i = N_{IV}, \dots, \quad (3)$$

Отже, за допомогою фільтрів $\Phi 1-\Phi 4$ можна виділити паразитні складові мікрогеометрії поверхні та проаналізувати їх вплив на кількісні значення часткових параметрів шорсткості, яка в амплітудному спектрі мікрогеометрії поверхні обмежена гармоніками в інтервалі $N_{III} \dots N_{IV}$ (рис. 4, а, б)

Зіставлення висотних характеристик макровідхилень (рис. 3, а) і шорсткості (рис. 4, а) свідчить, що корисний сигнал про шорсткість поверхні у розглянутого типового мікропрофіля становить менше 25 % від загального сигналу із паразитними складовими. Це дає змогу зробити висновок про необхідність фільтрування сумарного сигналу від контрольованого мікропрофіля, яке не можна здійснити існуючими апаратними засобами профілометра-профілографа, а реалізується лише у розробленому контрольно-обчислювальному приладі комплексу контролю шорсткості, що працює за спеціально розробленим алгоритмом.

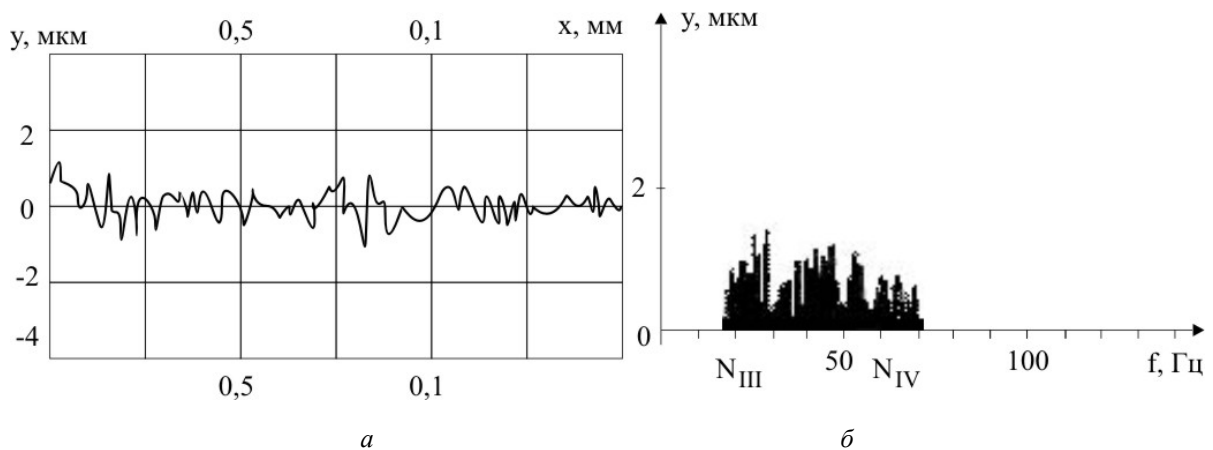


Рис. 4. Профілограма поверхні (а) і частотні діапазони амплітудного спектра (б) без паразитних складових

Принципову схему комплексу контролю шорсткості, розробленого під керівництвом проф. Д.В. Василькова [1], наведено на рис. 5.

Розроблений комплекс контролю шорсткості має принципові відмінності від базового приладу контролю шорсткості, наприклад, мод. 296. Покажемо структурну побудову нового комплексу із сукупності функціональних блоків базового приладу на підставі його декомпозиції на два взаємодіючі блоки: використовувана частина приладу; видалена частина приладу.

Така схема декомпозиції пояснюється тим, що головним елементом видаленої частини базового приладу є його власний фільтр. Аналіз похибок електронної частини свідчить, що її основу становить систематична похибка фільтра. Тому при створенні нового комплексу цю частину електронного блоку базового приладу замінюють сучасними багатофункціональними модулями – цифровими аналоговими перетворювачами. Найефективніші з-поміж них у цьому випадку програмні модулі, перевага яких полягає у можливості побудови складних програмних алгоритмів фільтрування з мінімальними похибками. Рівноцінні керовані електронні блоки, що виконують аналогічне завдання, коштують дорожче та дають значно більші похибки [1].

Це дає змогу передати функції видаленої частини базового приладу програмному забезпеченню (рис. 5). Структурують цей комплекс злиттям двох глобальних підсистем: 1 – використовувана частина приладу; 2 – програмно-апаратна система нового комплексу.

Програмно-апаратна система нового комплексу містить апаратний компонент (2.1) і програмні компоненти (2.2–2.4) (рис. 5). Програмний компонент 2.3 – блок фільтрів – має

розвинену порівняно із фільтром базового приладу логічну структуру. Наявність чотирьох налагоджуваних фільтрів дає змогу істотно розширити можливості нового комплексу порівняно з базовим приладом – як за вимірюваннями, так і за можливостями калібрування. Локалізацією окремих дестабілізуючих факторів можна побудувати їх баланс у сумарному інформативному сигналі. Така схематизація уможливило майже на порядок знизити похибку фільтра нового комплексу порівняно з базовим приладом та керувати режимами фільтрування і комплексом загалом. У новому компоновальному рішенні випадкова складова похибки також зменшується, оскільки частина електронного блоку базового приладу у новому комплексі відсутня.

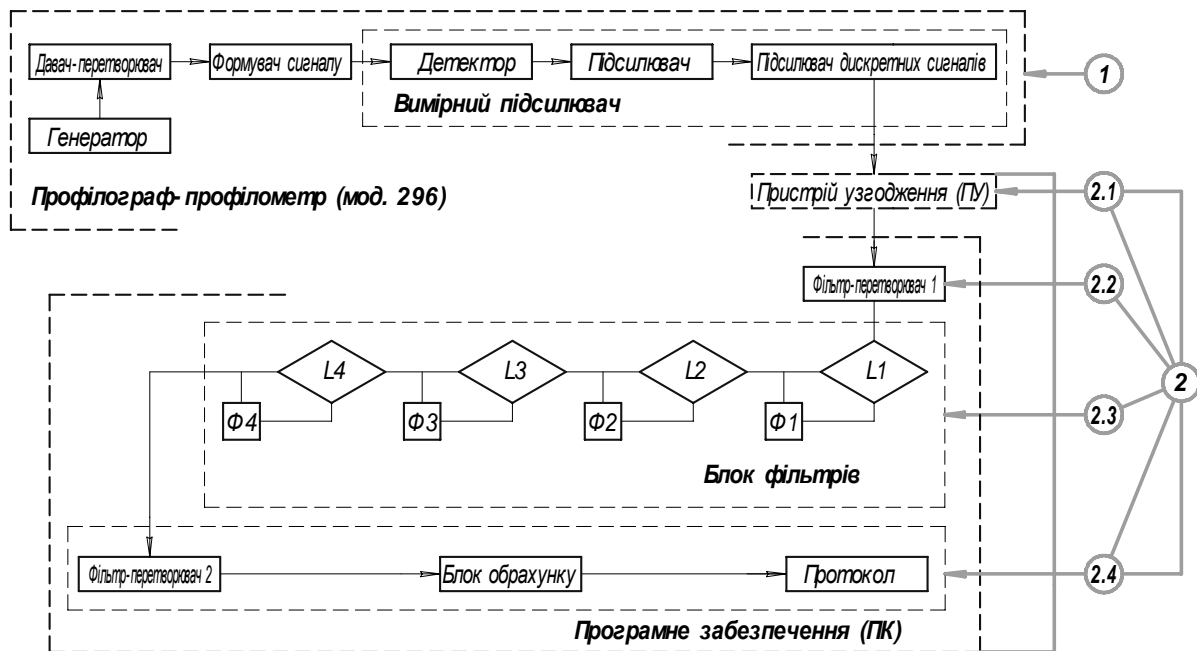


Рис. 5. Принципова схема комплексу контролю шорсткості [1]

Викладені теоретичні дослідження підтверджені проведеними експериментами.

Зазначаючи беззаперечні переваги запропонованої принципової схеми комплексу контролю шорсткості порівняно із базовими приладами, треба зробити деякі зауваження. Для усунення гармонік амплітудного спектра низькочастотного діапазону, як свідчить практика електронного виробництва, доцільніше як фільтри використовувати ємності (C_i) або поєднання ємності та індуктивності ($L_i - C_i$). З курсу теорії коливань амплітуду гармоніки частотного спектра визначають за формулою:

$$A_{f_{рез. j}} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_i \cdot C_i}} \quad (1.5)$$

При використанні комбінованого фільтра $L_i - C_i$, задавшись одним параметром, підбирають інший. При використанні лише індуктивності (рис. 5) складно іноді вибирати елементи індуктивності для нейтралізації паразитних коливань. Для усунення гармонік амплітудного спектра високочастотного діапазону як фільтри застосовують індуктивність (L_i) або поєднання ємності та індуктивності ($L_i - C_i$).

Модернізовану нами принципову схему комплексу контролю шорсткості наведено на рис. 6.

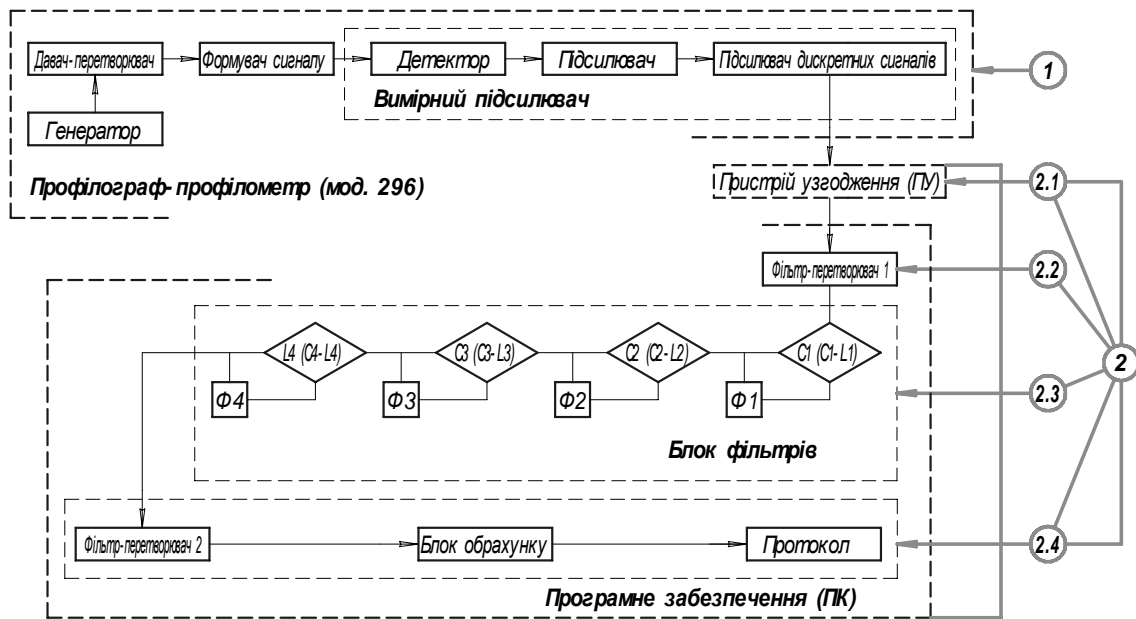


Рис. 6. Модернізована принципова схема комплексу контролю шорсткості

Висновки. Отже, можна зазначити, що фільтрування паразитних складових інформативного сигналу, які отримують при контролі мікрогеометрії поверхні, значно підвищує точність вимірювань. Розроблення на базі модернізованої принципової схеми комплексу контролю шорсткості (рис. 6) промислового взірця пристрою надасть “друге дихання” застарілим вітчизняним приладам контролю параметрів мікрогеометрії поверхонь деталей машин.

1. Васильков Д.В., Васильев Д.Б., Платонов А.В. Комплекс контактно-щупового контролю мікрогеометрії функціональних поверхностей / Матеріали 8-ї Міжнародної практичної конференції-виставки “Технології відновлення і упрочнення деталей машин, механізмів, обладнання, інструмента і технологічної оснастки”. 11–14 квітня 2006 г. Санкт-Петербург, Росія. Ч. I. – С. 344–349. 3. Широков В.В., Арендар Л.А., Ковальчик Ю.І., Василів Х.Б., Василів О.М. Комп’ютерний обробіток профілограм фрикційних поверхонь // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2005. – № 1. – С. 93–96.