

Державний університет "Львівська політехніка"

*На правах рукопису*  
УДК 621.753-52.

СЕНИК ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ

**Підвищення точності параметрів виробів при  
застосуванні комбінованого активного контролю**

*05.13.07 - автоматизація технологічних процесів і виробництва*

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

Львів -1997

681,5



00751871 (Т)

Робота виконана у Державному політехніку"

Науковий керівник -

доктор технічних наук,  
доцент **Стоцько З.А.**

Офіційні опоненти -

1. Доктор технічних наук, професор **Єрошин С.С.**
2. Кандидат технічних наук, доц. **Третько В.В.**

Провідна організація - Науково - виробниче підприємство "Карат" (м.Львів)

Захист відбудеться "15" травня 1997 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 04.06.15 у Державному університеті "Львівська політехніка" (290646, Львів-13, вул.С.Бандери,12, ауд 61 XIV корпусу).

Відгуки на автореферат у двох примірниках, завірені печаткою, просимо надсилати на адресу: 290646, Львів-13, вул.С.Бандери,12, Державний університет "Львівська політехніка", вченому секретарю ради К 04.06.15.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державного університету "Львівська політехніка" (вул.Професорська,1)

Автореферат розісланий "10" квітня 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  
к.т.н., доц.

Марепь В.М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Конкурентноспроможність виробів у галузі машинобудування і приладобудування визначається двома основними показниками: їх якістю і собівартістю.

Одним з показників якості є точність виготовлення окремих деталей виробу та його вузлів, яка досягається різними методами, в тому числі і застосуванням належних засобів вимірювання, контролю і керування технологічними процесами. А одним із способів зниження собівартості виробів є впровадження автоматизованого виробництва.

Таким чином підвищення вище названих показників конкурентноспроможності продукції можливе при поєднанні досягнень прикладної метрології та автоматизації. Результатом такого поєднання може бути застосування безконтактного активного (керуючого) контролю, що забезпечує: швидке одержання інформації про характеристики технологічного процесу і виробу від обробки сировини до одержання готової продукції; надійність вимірювання, виключаючи при цьому суб'єктивні дії контролерів; можливість проведення великої кількості вимірювань, різної швидкодії, різних фізичних величин, в різних діапазонах і з різною точністю. Існуючі сучасні засоби безконтактного керуючого контролю дозволяють отримувати об'єктивну інформацію про точність виготовлення та інші якісні показники продукції і забезпечують, як правило, при правильному технічному підході, певний економічний ефект.

Однак часто впровадження керуючого контролю в процес виробництва продукції не завжди супроводжується в рамках економічного стимулювання розвитку якості, яке все більше концентрується на забезпеченні роботи без браку (на виробництві з нульовим рівнем дефектності). Така стратегія є основою в промислово розвинених країнах. Підставою для цього є два фактори: по-перше, ця стратегія

повинна забезпечувати постійний ріст продуктивності і підвищення споживчих властивостей виробів при одночасному зниженні їх собівартості за рахунок зменшення матеріальних і енергетичних витрат; по-друге, ця стратегія повинна забезпечувати підвищення конкурентноспроможності продукції на міжнародному ринку за рахунок підвищення її якості.

Отже, при впровадженні нових засобів контролю необхідно прагнути до того, щоб витрати на оснащення вимірювальною технікою та економічний ефект від її використання мали б раціональне співвідношення.

Вимоги ринку щодо підвищення конкурентноспроможності продукції обумовлюють пошук нових шляхів підвищення її якості при збереженні (зниженні) собівартості.

В даній роботі пошук зазначених шляхів здійснюється, починаючи з технологічної підготовки виробництва, яке включає моделювання процесів формування якості виробів, що, крім всього іншого, дає можливість підійти до обґрунтованого вибору методів, засобів та систем активного контролю як в технічному, так і в економічному відношенні, і закінчуючи розробкою нових надійних, ефективних та економічних методів керуючого контролю на основі застосування сучасних методів теорії точності, надійності, керування, автоматизації і автоматизованого проектування в рамках створення нових автоматичних пристроїв безконтактного активного контролю і автоматизованих систем керування ходом технологічного процесу.

**Мета роботи та задачі досліджень.** Метою даної роботи є підвищення технологічної точності виготовлення виробів при застосуванні автоматичного керуючого контролю і збільшення на цій основі виходу годних виробів, та підвищення їх конкурентноспроможності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні задачі:

- провести аналіз технологічних процесів, визначити місце і роль контрольних операцій з точки зору забезпечення максимального виходу якісних виробів;

- провести аналіз факторів, які впливають на точність виготовлення продукції як складової якості, проаналізувати існуючі підходи до оцінки ролі контрольних операцій при прогнозуванні показників якості продукції на етапах моделювання технологічних процесів;

- розробити методику для оптимального вибору методів і засобів контролю;

- розглянути можливості підвищення технологічної точності виготовлення виробів;

- дослідити можливість застосування нових методів керуючого контролю параметрів виробів з метою підвищення їх технологічної точності;

- на основі методу комбінованого керуючого контролю параметрів виробів розробити пристрої для конкретних технологічних процесів.

**Наукова новизна** дисертації полягає в:

- розробці методики оптимального вибору методів, засобів і систем контролю за ходом технологічного процесу із врахуванням їх точнісних характеристик на основі комп'ютерного визначення результатів розбраковки виробів;

- одержанні математичних залежностей для визначення доли неправильно прийнятих за годні бракованих та неправильно забракованих годних виробів;

- виявленні закономірностей підвищення точності виготовлення виробів на основі застосування комбінованого керуючого контролю;

- розробці принципів конструювання пристроїв з комбінованим керуючим контролем параметрів виробів.

**Основні положення, які виносяться на захист:**

- методика розрахунку результатів розбраковки виробів при контролі з застосуванням обчислювальної техніки;
- математичні залежності для визначення долі неправильно прийнятих за годні бракованих та неправильно забракованих годних виробів при вимірjuвальних операціях;
- фізична модель формування параметру виробу при комбінованому керуючому контролі;
- закономірності підвищення точності виготовлення виробів при застосуванні комбінованого керуючого контролю;
- методика оптимізації і вибору точнісних характеристик окремих контролюючих пристроїв при комбінованому керуючому контролі;
- конструкції автоматичних пристроїв з комбінованим керуючим контролем параметрів виробів.

**Методи досліджень.** При виконанні роботи використано два методи досліджень:

- теоретико-ймовірнісний;
- експериментальний, з використанням фізичного моделювання, системи автоматизованого проектування інженерно-технічних розрахунків MathCAD та мови програмування turbo basic.

**Вірогідність.** Найважливіші наукові положення та результати роботи обґрунтовано аналітично, а також підтверджено експериментально на основі фізичного моделювання і співставлення з даними попередніх досліджень.

**Практична цінність.** Розроблена методика і отримані математичні залежності для визначення результатів розбраковки виробів при контрольних операціях дають можливість доповнити і вдосконалити існуючі моделі формування якості виробів та контролю і можуть бути використані при:

- розрахунку і прогнозуванні показників якості виробів на

будь-якій стадії виробництва та по його завершенні;

- оптимальному виборі і проектуванні пристроїв контролю;
- оптимізації вимірвальних операцій в ході технологічного

процесу.

Експериментально перевірений метод комбінованого керуючого контролю та виявленні його закономірності, дозволяють забезпечити необхідні якісні показники параметрів виробів, підвищити технологічну точність обладнання, не використовуючи при цьому високо-точні методи і засоби вимірювання.

Розроблені рекомендації щодо сумісного використання різних методів безконтактного контролю дозволяють здійснити їх оптимальний вибір при конструюванні пристроїв з комбінованим керуючим контролем параметрів покриття.

На основі результатів досліджень розроблено ряд пристроїв з комбінованим керуючим контролем параметрів виробів.

Таким чином, в дисертації подано один з можливих підходів для реалізації стратегії підвищення конкурентноспроможності виробів шляхом підвищення їх якості без збільшення (при зниженні) економічних витрат.

**Апробація.** Дисертаційна робота обговорювалася на об'єднаному науковому семінарі кафедр електронного машинобудування, автоматизації і комплексної механізації машинобудівної промисловості, технології машинобудування механіко - технологічного факультету та кафедри автоматизації теплових і хемічних процесів теплотехнічного факультету Державного університету "Львівська політехніка".

Основні результати роботи доповідались і обговорювались на II-му Міжнародному симпозиумі українських інженерів-механіків у Львові (травень 1995р), та на IV-ій українсько-польській конференції "САПР в машинобудуванні: проблеми навчання та впровадження" (Львів, травень 1996р).

**Реалізація та впровадження.** Основні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи використані в рамках держбюджетної теми "Покриття", виконаної в НДЛ - 60 Державного університету "Львівська політехніка" та в навчальному процесі.

**Публікації по роботі.** Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в 5 друкованих виданнях. За результатами роботи подано 2 заявки на винаходи.

**Структура та обсяг.** Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів та загальних висновків, викладених на 102 сторінках машинописного тексту, списку літератури з 116 найменувань, ілюстративного матеріалу на 22 листах, 9 таблиць та двох додатків.

Робота виконана в Державному університеті "Львівська політехніка" (1994 - 1996 рр).

## ЗМІСТ РОБОТИ

### 1. Аналіз технологічних процесів виготовлення виробів з точки зору підвищення якості продукції.

В розділі проведено аналіз структури технологічних процесів, в ході якого встановлено роль контрольних операцій у забезпеченні якості виробів, важливість застосування автоматичного, в тому числі і керуючого контролю, для досягнення максимального проценту виходу годної продукції.

Важливим питанням, що постає при підготовці технологічного процесу є можливість прогнозування якості виробів на кожній стадії його проведення. Основну роль при цьому відіграє моделювання процесів формування якості виробів і контролю.

В результаті проведеного аналізу моделей формування якості

виробів, в яких при прогнозуванні якості продукції враховується вплив контрольних операцій, виявлено, що їх недоліком є відсутність врахування точнісних характеристик методів і засобів контролю на правильність проведення вимірjувальних операцій. При застосуванні таких моделей у системах автоматичного керування виробництвом це негативно впливає на показники якості в ході виробництва і проявляється в збільшенні бракованих виробів та пропуску бракованих виробів в годні.

На основі аналізу структур технологічних процесів, моделей формування якості продукції і поставленої мети роботи визначено напрям і задачі дослідження, основні з яких: провести аналіз факторів, які впливають на точність виготовлення продукції як складової якості; розробити методику для оптимального вибору методів і засобів контролю; розглянути можливості підвищення технологічної точності виготовлення виробів; дослідити можливість застосування нових методів автоматичного активного контролю параметрів виробів з метою підвищення їх технологічної точності; розробити на основі методу комбінованого керуючого контролю пристрої для конкретних технологічних процесів.

## 2. Обґрунтування вибору методів і засобів контролю.

Вибір методів і засобів контролю для конкретних технологічних процесів залежить від багатьох факторів, в тому числі і від результатів розбраковки виробів. При цьому результати розбраковки можуть бути як правильними, так і неправильними. До правильної розбраковки відносяться такі ситуації: дійсно годні вироби признаються за результатами контролю годними; дійсно браковані - негодними. До неправильної: дійсно годні вироби за результатами контролю признаються бракованими; дійсно браковані - годними.

Якщо значення результатів правильної розбраковки не важко розрахувати, то визначення результатів неправильної розбраковки пов'язані з певними труднощами. Для вирішення даного питання в роботі розроблено методику визначення результатів неправильної розбраковки виробів при контролі на основі технологічного (дійсного) розподілу відхилень значень параметрів  $f(Q)$  та розподілу похибки вимірювання  $f(\delta)$  і представлено математичні залежності для їх розрахунку:

- доля бракованих виробів  $M_1$ , які попадуть в гідні за результатами контролю відносно нижньої границі поля допуску  $T_1$ :

$$M_1 = \sum_{i=0}^n \int_{T_1 - Y_{i+1}}^{T_1 - Y_i} f(Q)d(Q) \cdot \int_{T_1}^{+\infty} f(\delta)d(\delta), \quad (1)$$

де  $Y_i$  - границя  $i$ -го інтервалу;  $n$  - кількість інтервалів технологічного розподілу, за яких визначаються результати неправильної розбраковки виробів.

- доля бракованих виробів  $M_2$ , які попадуть в гідні за результатами вимірювання відносно верхньої границі поля допуску  $T_2$ :

$$M_2 = \sum_{i=0}^n \int_{T_2 + Y_i}^{T_2 + Y_{i+1}} f(Q)d(Q) \cdot \int_{-\infty}^{T_2} f(\delta)d(\delta) \quad (2)$$

- загальна доля бракованих виробів, які будуть признані гідними ( $M$ ) при їх вимірюванні з певною похибкою в процентах від загальної кількості виробів, що підлягають контролю складатиме:

$$M = (M_1 + M_2) \cdot 100 \% \quad (3)$$

- доля гідних виробів, які за результатами контролю будуть признані бракованими відносно нижньої границі поля допуску  $T_1$ :

$$N_1 = \sum_{i=0}^n \int_{T_1 + y_i}^{T_1 + y_{i+1}} f(Q)d(Q) \cdot \int_{-\infty}^{T_1} f(\delta)d(\delta) \quad (4)$$

- доля годних виробів, які за результатами контролю будуть признані бракованими відносно верхньої границі поля допуску  $T_2$ :

$$N_2 = \sum_{i=0}^n \int_{T_2 - y_{i+1}}^{T_2 - y_i} f(Q)d(Q) \cdot \int_{T_2}^{+\infty} f(\delta)d(\delta) \quad (5)$$

- загальна доля неправильно прийнятих за браковані годних виробів в процентах від загальної кількості деталей, що підлягають контролю:

$$N = (N_1 + N_2) \cdot 100 \% \quad (6)$$

В роботі також приведено математичні залежності для визначення результатів неправильної розбраковки виробів при умові нормальних законів технологічного розподілу відхилень значень їх параметрів та розподілу похибки вимірювання, на основі яких проведено експериментальне підтвердження розробленої методики.

Практичне використання даних залежностей для визначення результатів неправильної розбраковки дає можливість вирішити ряд практичних задач:

- при встановленні граничної похибки вимірювання за допомогою формул можна визначити, в якому випадку доцільно переходити на більш точні методи вимірювання і визначати наслідки такого переходу у відношенні результатів неправильної розбраковки;

- задаючись результатами неправильної розбраковки, тобто кількістю неправильно прийнятих за годні бракованих, або кількістю неправильно прийнятих за браковані годних виробів встановлювати вимоги до похибки вимірювання, а значить, і до похибки приладу та

у відношенні точності технологічного процесу;

- визначення кількості неправильно прийнятих бракованих і неправильно забракованих годних виробів дає можливість приймати обгрунтовані техніко-економічні рішення при розробці і використанні вимірjuвальних засобів для конкретного технологічного процесу.

Розроблена методика обгрунтованого вибору методів та засобів контролю на основі визначення результатів розбраковки виробів, може бути використана при побудові моделей формування якості виробів, що підвищить точність розрахунків при прогнозуванні якості продукції та оптимізації технологічних процесів і, в кінцевому результаті (при застосуванні моделі в процесі керування) веде до підвищення якості продукції при її виготовленні.

### 3. Дослідження формування параметрів виробів при комбінованому керуючому контролі.

Правильність проведення контрольних операцій (правильна розбраковка) суттєво впливає на якість продукції. Однак ще більший вплив на неї має величина поля технологічного розсіювання параметрів виробів. При постійному полі допуску вихід годної продукції буде вищий там, де поле розсіювання технологічного параметру виробів є меншим.

З метою підвищення технологічної точності виготовлення комплектуючих деталей та вузлів, і як наслідок, підвищення виходу годних виробів, в роботі запропоновано використовувати метод комбінованого керуючого контролю, суть якого полягає в тому, що параметр виробу при виготовленні контролюється одночасно двома (або більше) незалежними пристроями автоматичного керуючого контролю (наприклад, А і В), кожен з яких автономно може зупинити процес формування параметру і тим самим зафіксувати його певне значення.

Сумарний розподіл відхилень значень параметрів виробів при даному виді контролю розраховується за залежностями:

- при нарощуванні параметру (наприклад, при нанесенні плівкового покриття):

$$P(0 < x < \alpha) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B), \quad (7)$$

$$f(x) = \lim_{\Delta\alpha \rightarrow 0} \frac{P(0 < x < \alpha_2) - P(0 < x < \alpha_1)}{\Delta\alpha}, \quad (8)$$

де  $P(A)$  - ймовірності того, що розмір буде зафіксований пристроєм А в інтервалі  $[0; \alpha]$ ;  $P(B)$  - ймовірності того, що розмір буде зафіксований пристроєм В в інтервалі  $[0; \alpha]$ ;  $\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ .

- при досягненні параметру виробу шляхом його зменшення (наприклад, при механічному шліфуванні виробів):

$$P(\alpha_{\max} > x > \alpha) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B), \quad (9)$$

$$f(x) = \lim_{\Delta\alpha \rightarrow 0} \frac{P(\alpha_{\max} > x > \alpha_1) - P(\alpha_{\max} > x > \alpha_2)}{\Delta\alpha}. \quad (10)$$

Для проведення експериментальних досліджень створено фізичну модель комбінованого керуючого контролю. Модель включає дві незалежні пневмоелектричні вимірювальні ланки, що фіксують значення переміщення плити-стола, яке імітує нарощування параметру виробів. При дослідженнях можна здійснювати вимірювання "параметру" будь-якою ланкою окремо або одночасно двома (комбінований керуючий контроль). Результати експериментальних досліджень підтвердили приведені математичні залежності, на основі яких розроблено програмне забезпечення для розрахунку параметрів сумарного розподілу при даному виді контролю і його оптимізації.

На основі аналізу результатів досліджень встановлено:

1. При застосуванні комбінованого керуючого контролю результуючий розподіл відхилень значень формованого параметру виробу чи

процесу залежить від способу формування параметру і описується по-різному: в одному випадку, коли значення параметру досягається його нарощуванням, в другому - зменшенням. Крім цього, застосування методу комбінованого керуючого контролю при формуванні параметрів виробів чи процесів дозволяє отримати новий розподіл відхилень значень параметру і підвищувати точність його формування;

2. При застосуванні двох контролюючих пристроїв, кожен з яких дає однакові параметри розподілу ( $m_1 = m_2 = m$  і  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ ) сумарний розподіл має наступні характеристики:

а) середньоквадратичне відхилення значень параметру при сумарному розподілі  $\sigma_p$  менше від аналогічного відхилення кожного з параметрів, а саме:

$$\sigma_p = 0.816\sigma ; \quad (11)$$

б) математичне сподівання значення параметру при сумарному розподілі  $m_p$  зміщується в сторону зменшення при формуванні параметру шляхом нарощування розміру і зміщується в сторону збільшення при формуванні параметру шляхом зменшення його значення. При цьому його числове значення залежить від значень часткових середньоквадратичних відхилень  $\sigma$  і часткових математичних сподівань  $m$ . Числове значення математичного сподівання результуючого розподілу  $m_p$  можна визначити за залежностями:

- при формуванні параметру виробу шляхом його нарощування:

$$m_p = m - \frac{\sigma}{2} ; \quad (12)$$

- при формуванні параметру виробу шляхом його зменшення:

$$m_p = m + \frac{\sigma}{2} ; \quad (13)$$

3. При застосуванні двох контролюючих пристроїв з різними

значеннями параметрів розподілу ( $m_1 \neq m_2$  і  $b_1 \neq b_2$ ) характеристики сумарного розподілу мають такі тенденції (рис. 1):

а) при збільшенні різниці між значеннями математичних сподівань окремих розподілів, тобто із збільшенням значенням  $\Delta m$ , де  $\Delta m = |m_1 - m_2|$ :

- крива результуючого розподілу прямує до часткового розподілу з меншим значенням математичного сподівання при формуванні параметру шляхом його нарощування (див. рис. 1 а) і з більшим значенням - при формуванні параметру шляхом його зменшення.

- середньоквадратичне відхилення результуючої кривої зменшується до певного екстремального значення, після чого збільшується (рис. 1 б). Так, для часткових розподілів з параметрами  $b_1 = 0.75\text{ммкм}$ ,  $m_1 = 0$ ,  $b_2 = 1\text{ммкм}$  (крива 3) значення  $m_2$ , при якому досягається мінімальне значення середньоквадратичного відхилення  $b_p = 0.6852\text{ммкм}$ , становить  $m_2 = 0.75\text{ммкм}$ ;

б) при збільшенні значення одного з часткових середньоквадратичних відхилень:

- середньоквадратичне відхилення результуючого розподілу  $b_p$  також збільшується (рис. 1 г);

- математичне сподівання результуючого розподілу зміщується ліво, при нарощуванні розміру (вправо при його зменшенні) до певного екстремального значення, після чого здійснює зворотній хід (рис. 1 в). Так, наприклад, для часткових розподілів з параметрами  $b_1 = 1\text{ммкм}$ ,  $m_1 = 0$ ,  $m_2 = 0$  (крива 1) значення  $b_2$ , при якому математичне сподівання віддалиться в крайню ліву точку, становить  $b_2 = 1.6\text{ммкм}$ ;

4. Збільшення числа контролюючих пристроїв дозволяє зменшити середньоквадратичне відхилення розсіювання значень параметру виробу: трьома пристроями на 27%; чотирма - на 33%. Разом з цим центр розсіювання (математичне сподівання) при нарощуванні параметру

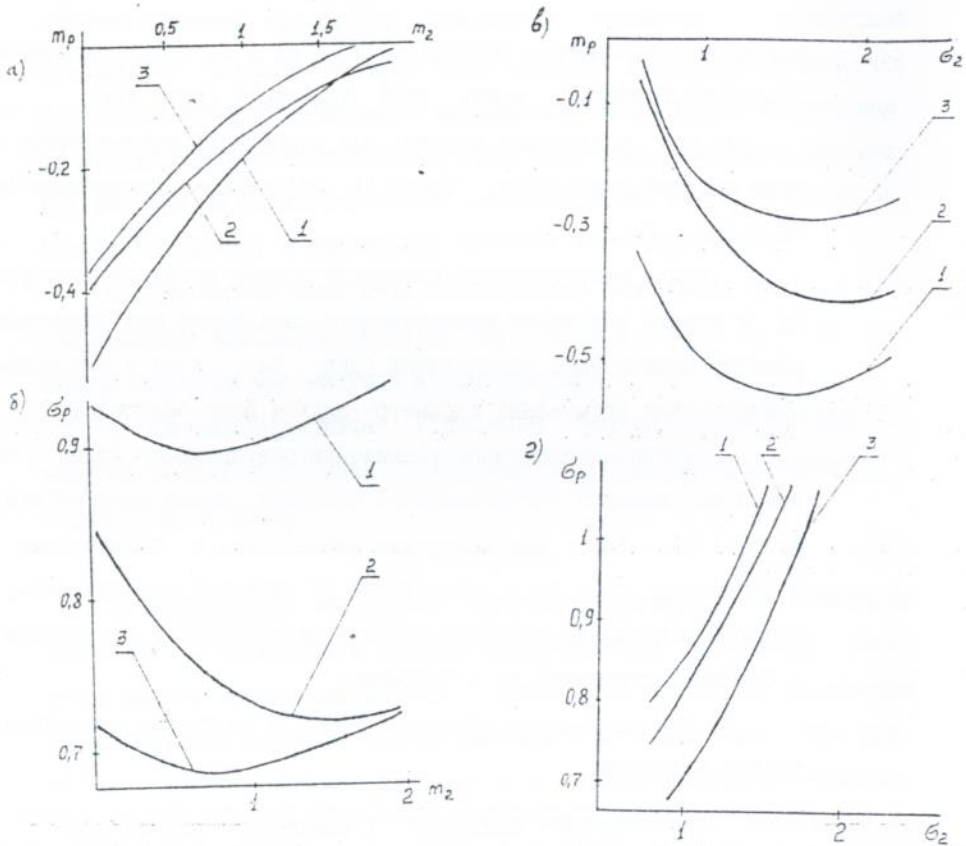


Рис.1. Дослідження впливу часткових розподілів на результуючий при постійних значеннях трьох параметрів часткових розподілів:

- а, б) -  $б_1, б_2, m_1$ :  
 - крива 1:  $б_1 = 1\text{мкм}, б_2 = 1,25\text{мкм}, m_1 = 0$ ;  
 - крива 2:  $б_1 = 0,75\text{мкм}, б_2 = 1,25\text{мкм}, m_1 = 0$ ;  
 - крива 3:  $б_1 = 0,75\text{мкм}, б_2 = 1\text{мкм}, m_1 = 0$ ;  
 в, г) -  $б_1, m_1, m_2$   
 - крива 1:  $б_1 = 1\text{мкм}, m_1 = 0, m_2 = 0$ ;  
 - крива 2:  $б_1 = 1\text{мкм}, m_1 = 0, m_2 = 0,5\text{мкм}$ ;  
 - крива 3:  $б_1 = 0,75\text{мкм}, m_1 = 0, m_2 = 0,5\text{мкм}$ .

зміщується в сторону менших значень, при зменшенні параметру - в сторону більших значень.

Приведені результати досліджень вказують на можливість керування сумарним розподілом значень параметру деталей, які поступають на технологічні операції, шляхом застосування комбінованого керуючого контролю з відповідними контрольними пристроями, що дає можливість суттєво підвищити точність виготовлення виробів, зменшити поле розсіювання їх параметрів і, як наслідок, збільшити число виходу годної продукції, не використовуючи при цьому високоточних методів вимірювання. Приведена методика розрахунку розподілу відхилень значень параметру виробів при комбінованому керуючому контролі і методика вибору оптимальних окремих пристроїв керуючого контролю можуть використовуватися для розрахунку і прогнозування виходу годних виробів, оцінки долі дефектних виробів на будь-якій стадії технологічного процесу їх виготовлення, вибору окремих пристроїв активного контролю та визначення параметрів їх налагодження.

#### 4. Розробка пристроїв з комбінованим керуючим контролем для різних технологічних процесів і операцій.

При розробці пристроїв з комбінованим керуючим контролем параметрів виробів виникає необхідність поєднання різних методів вимірювання. Для цього в роботі розглянуто техніко-економічні характеристики різних методів безконтактного керуючого контролю, проведено їх аналіз, на основі якого, як приклад, розроблено рекомендації щодо можливості їх поєднання при комбінованому керуючому контролі товщини нанесених покриттів з врахуванням конкретних умов проведення технологічного процесу.

Враховуючи актуальність питання підвищення технологічної точ-

ності виготовлення виробів, підвищення виходу годної продукції, на основі розроблених рекомендацій щодо поєднання методів вимірювання при комбінованому керуючому контролі, як засіб комбінованого керуючого контролю розроблено:

- пристрій для нанесення покриттів на сітчасті елементи електронних приладів з комбінованим керуючим контролем, який здійснює одночасний контроль височини отворів сітки оптичним методом та товщини покриття пневматичним методом;

- пристрій для нанесення покриттів на вироби з оптичним методом комбінованого керуючого контролю, який здійснює одночасно контроль товщини і густини оптично-прозорого покриття;

- пристрій для нанесення покриттів на вироби з електричним (ємністним) методом комбінованого керуючого контролю, який дозволяє здійснювати одночасний контроль товщини і маси покриття.

Крім цього, в роботі представлено розробку пристрою комбінованого керуючого контролю діаметру валів, який забезпечує одночасно безпосередній контроль значення діаметру валу та його значення через положення шліфувального круга пневматичним (гідравлічним) методом, і може бути використаний на центрових круглошліфувальних верстатах.

Застосування розробленого обладнання у виробництві створює умови для автоматизації технологічних процесів, дозволяє підвищити якість виробів та їх надійність, збільшити процент виходу годних виробів і підвищити конкурентоспроможність.

#### ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Досліджено методику підвищення технологічної точності виготовлення виробів на основі застосування комбінованого керуючого контролю, що веде до збільшення виходу годної продукції, підвищен-

ня її надійності та конкурентноспроможності; розроблено методикку визначення результатів розбраковки виробів для прогнозування виходу годної продукції, керування технологічними процесами, реалізація яких сприяє розвитку автоматизації виробництва, керування технологічними процесами.

2. Розроблено методикку обгрунтованого вибору методів і засобів контролю за ходом технологічного процесу на основі комп'ютерного визначення результатів правильної і неправильної розбраковки, яка дозволяє: визначати доцільність переходу на більш точні методи вимірювання і вплив такого переходу на результати розбраковки виробів; встановлювати вимоги щодо похибки вимірювання, а значить і до похибки пристрою контролю та у відношенні точності технологічного процесу; приймати обгрунтовані техніко-економічні рішення при розробці і використанні вимірювальної апаратури.

3. Обгрунтовано, експериментально досліджено і апробовано метод автоматичного комбінованого керуючого контролю параметрів виробів, застосування якого дає можливість керувати розподілом відхилень значень формованого параметру, що дозволяє підвищити технологічну точність виготовлення деталей, створювати резерв технологічної точності обладнання, підвищити показники правильної розбраковки виробів і, як наслідок, підвищити вихід годних виробів в цілому, не підвищуючи при цьому точності окремих пристроїв активного контролю.

4. Розроблено програмне забезпечення для розрахунку результуючого розподілу відхилень значень параметрів виробів та його числових характеристик при комбінованому керуючому контролі.

5. Встановлено закономірності підвищення технологічної точності виготовлення виробів при застосуванні комбінованого керуючого контролю, які дозволяють обгрунтовано здійснювати оптимальний

вибір окремих пристроїв керуючого контролю, методів вимірювання, визначати параметри їх налагодження та доцільність застосування даного виду контролю.

6. Приведено рекомендації щодо взаємного використання різних методів вимірювання при автоматичному комбінованому керуючому контролі товщини покриттів на основі їх техніко-економічних характеристик. Дані рекомендації можуть бути використані при конструюванні устаткування для даного виду технологічних процесів.

7. Розроблено пристрої з автоматичним активним комбінованим керуючим контролем товщини покриттів (пристрій для нанесення покриттів на сітчасті елементи електронних приладів з комбінованим керуючим контролем, пристрій для нанесення покриттів на вироби з оптичним методом комбінованого керуючого контролю, пристрій для нанесення покриттів на вироби з електричним (ємнісним) методом комбінованого керуючого контролю) та пристрій комбінованого керуючого контролю діаметру виробів, що дозволяють підвищити точність формування параметрів виробів, збільшити вихід годної продукції, підвищити її конкурентноспроможність.

Основні результати дисертації опубліковані в наступних роботах:

1. Сенік В., Стоцько З. Забезпечення резерву технологічної точності за допомогою комбінованого керуючого контролю. Львів: Вісник ДУ"ЛП" "Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні і приладобудуванні", 1995, с. 81-84.

2. Стоцько З.А., Сенік В.В. Розрахунок функції розподілу значень параметру виробів при його виготовленні з застосуванням комбінованого керуючого контролю. Львів: Вісник ДУ"ЛП" "Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні і приладобудуванні", 1995, с. 84-86.

3. Стоцько З., Сенік В. Експериментальні дослідження комбінованого керуючого контролю. Львів: Зб. "Автоматизація виробничих процесів в машинобудуванні і приладобудуванні", 1995р., вип.32, с.102-106.

4. Сенік В.В., Стоцько З.А. Комп'ютерне моделювання процесу розбраковки виробів. Тези доповідей, IV-а українсько-польська конференції "САПР в машинобудуванні: проблеми навчання і впровадження, с. 28-35.

5. Стоцько З., Сенік В. Перспективи застосування комбінованого керуючого контролю. Тези доповідей, 2-й Міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові. Львів, 4-6.05.1995, с.99.

Особистий внесок дисертанта: в роботах [1-3, 5] автору належать розробка та створення фізичної моделі комбінованого керуючого контролю, проведення експериментальних досліджень, їх аналітична обробка, обґрунтування можливості застосування даного методу контролю у виробництві, розробка програмного забезпечення для дослідження розподілу відхилень значень параметру виробів при їх виготовленні з застосуванням комбінованого керуючого контролю; в роботі [4] - розробка методики обґрунтованого вибору методів та засобів контролю.

Senyk Volodymyr Vasyliovych. Improvement of Products Parameters Accuracy when Using Combined Monitoring Control. A manuscript presented for obtaining a Candidate's scientific degree in Technical Sciences. Speciality: 05.13.07.- Technological processes and manufactures automation. Specialty panel sitting is due on 1996 at State University "Lviv Polytechnic", Lviv.

The paper presents the investigation of the methods of products manufacture technological accuracy while using combined

control monitoring; the development of methods to determine the results of products rejection with the aim to forecast the output of acceptable-quality products and the best choice of control instruments; the development of automated equipment for some technological processes on the basis of the combined control monitoring method.

Сеник Владимир Васильевич. Повышение точности параметров изделий при использовании комбинированного активного контроля. Рукопись на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность: 05.13.07. Автоматизация технологических процессов и производств. Защита состоится в Государственном университете "Львівська політехніка" г.Львов, 1997г.

В работе исследована методика повышения технологической точности изготовления изделий при использовании комбинированного управляющего контроля; разработана методика определения результатов разбраковки изделий для прогнозирования выхода годной продукции и оптимального выбора приборов контроля; разработано оборудование для некоторых технологических процессов с использованием автоматического комбинированного управляющего контроля.

Ключові слова: автоматизація, якість, контроль, розподіл параметрів, точність, технологічний процес, виріб, прогнозування, модель, моделювання, комбінований керуваний контроль, пристрій, розбраковка.



As

K25 + 105

78 37 361  
**AB 37.361**