

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

УДК 621.531:658.562

К В А С Н І К О В

Володимир Павлович

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА ВИМІРЮВАНЬ
ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ГРАНІТУ**

**Об.ІІ.ІЗ - Прилади і методи контролю природного
середовища, речовин, матеріалів і виробів**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

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

Київ - 1994

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00756459 (-)

КВАНТИНОВ

Володимир Гаврилюк

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТА ІНТЕГРАЦІЇ

ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ВЕБІА ІНТЕРНЕТ

05.11.15 - Друк і вивід контрольних звітів

середньомісячних, квартальних, річних і щорічних

ТАБЛИЦЯ

Вивід на екран за період часу

визначеного користувачем

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

7/В
Робота виконана у НВО "Ротор" та
Київському політехнічному інституті

Дисертацією є рукопис

Наукові керівники: кандидат технічних наук, доцент
БАБАК Віталій Павлович
кандидат технічних наук, професор
РУЩЕНКО Василь Тихонович

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
СКРИПНИК Ю.О.
кандидат технічних наук, доцент
БАКАЄВ С.І.

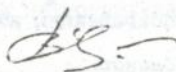
Провідна установа: ДНВО "Метрологія"
м.Харків

Захист відбудеться "30" травня" 1994 р. о 15 годині на
засіданні спеціалізованої ради Д.068.14.08 при Київському полі-
технічному інституті /252056, м.Київ, просп. Перемоги, 37/

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Київського політех-
нічного інституту

Автореферат розісланий "29" квітня" 1994 р.

Учений секретар спеціалізованої
ради, к.т.н., доцент



В.П.Бабак

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність роботи. Виробництво лазерних технологічних комплексів, координатно-вимірвальних машин, гнучких виробничих модулів визначили особливу актуальність проблеми контролю та вимірювань з високою точністю відхилень форми та розташування поверхонь із граніту.

Використання методів контролю деталей із граніту дозволяє вирішити широке коло питань з метрології, техніки неруливого контролю та інших галузей.

Стандартні методи і прилади контролю та вимірювання малопродуктивні, мають невисоку точність, що обумовлює необхідність розробки автоматизованих систем контролю та вимірювань геометричних розмірів деталей із граніту з покращеними метрологічними характеристиками. Крім того, більшість відомих методів та засобів можна використовувати лише в лабораторних умовах і не придатні для контролю на робочих місцях.

При контролі необхідно забезпечити вимірювання відхилень форми та розташування поверхонь з високою точністю, швидкодією, мати високу надійність, цифрову форму подання інформації та високий ступінь автоматизації процесу контролю відхилень площинності і перпендикулярності. Це, в свою чергу, визначає необхідність розробки більш ефективних математичних моделей об'єкта контролю.

Тому на сьогоднішній день створення ефективних методик і систем контролю та вимірювань геометричних розмірів гранітних деталей з покращеними метрологічними характеристиками є актуальною проблемою.

Мета роботи. Розробка методу контролю відхилення від площинності і перпендикулярності гранітних деталей та автомати-

7В-30,054
зованої системи контролю з покращеннями метрологічними характеристиками.

Наукова новизна.

1. Розроблена математична модель площинності і перпендикулярності об'єкта контролю.
2. Розроблена методика автоматизованого контролю відхилення від площинності і перпендикулярності деталей із граніту;
3. Розроблена структура компаратора на аеростатичних опорах з підвищеною точністю і швидкодією на основі індуктивних датчиків.
4. Отримані аналітичні вирази для визначення похибки "крокового" методу контролю геометричних розмірів гранітних деталей.

Практична цінність роботи. На основі розробленого методу контролю та вимірювань відхилення від площинності і перпендикулярності гранітних деталей запропоновані технічні рішення і створена автоматизована система контролю та вимірювань гранітних деталей, зокрема:

- розроблені і досліджені структури компаратора з підвищеною точністю, швидкодією, отримані математичні моделі похибки "крокового" методу контролю;
- впроваджені в складі вимірювальних засобів індуктивні датчі з підвищеною точністю та швидкодією;
- розроблена автоматизована система контролю великогабаритних гранітних деталей підвищеної точності;
- розроблена методика і проведена метрологічна експертиза та атестація вимірювального каналу.

На захист вносяться наступні наукові положення.

1. Принципи і характеристики розробленого компаративного

методу контролю гранітних деталей.

2. Методика автоматизованого контролю та вимірювання відхилення від площинності і перпендикулярності гранітних деталей.

3. Автоматизована система контролю та вимірювань гранітних деталей на базі лінійних двигунів з газовим змазанням і індуктивними датчиками та відповідним алгоритмічним, програмним і апаратним забезпеченням.

4. Результати експериментальних досліджень автоматизованої системи контролю та вимірювань гранітних деталей високої точності.

Реалізація роботи: Автоматизовані системи контролю та вимірювань відхилення від площинності і перпендикулярності гранітних деталей впроваджені на НВО "Ротор" м. Черкаси, ДНДО "Метрологія" м. Харків та БО "Південмаш" м. Дніпропетровськ. Результати наукових досліджень використовуються в учбовому процесі кафедр наукового та аналітичного приладобудування та приладів і систем неруйнівного контролю Київського політехнічного інституту.

Методи досліджень. Для вирішення задач, поставлених в роботі використовувались розрахункові і експериментальні методи. При експериментальному дослідженні "рокового" методу контролю використовувалось осцилографування електричних параметрів. Побудова математичної моделі об'єкта контролю, дослідження похибок вимірювання, допуску відхилення від площинності і перпендикулярності проводилось з використанням методів теорії ймовірності, функціонального аналізу, методів кінцевих елементів, теорії функцій комплексних змінних. Розрахунки більшості характеристик проводились за допомогою ПЕОМ. В експериментальних дослідженнях використовувались методи теорії планування експе-

рименту, результати аналізувались за правилами математичної статистики.

Апробація роботи. Головні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на:

- всесоюзній науково-технічній конференції "Шляхи прискорення робіт по автоматизації електротехнічного виробництва на підставі передових технологічних процесів і гнучких переналагоджуваних комплексів обладнання (м. Суздаль, 1988 р.);

- обласній науково-технічній конференції "Соціально-економічні та науково-технічні проблеми розвитку народного господарства" (м. Черкаси, 1990 р.) та наукових семінарах кафедр наукового та аналітичного приладобудування та приладів і систем неруйнівного контролю Київського політехнічного Інституту.

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані у семи роботах.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох глав, переліку основних результатів роботи та коротких висновків, списку цитованої літератури, додатку. Робота виконана на 144 сторінках машинописного тексту, містить 35 рисунків, 15 таблиць, бібліографію з 120 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗНІСТ РОБОТИ.

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульована мета і завдання роботи, наукова новизна і практична цінність.

У першій главі проведені класифікація та порівняльний аналіз методів та засобів контролю та вимірювань геометричних розмірів деталей із граніту.

Питання теорії та практики контролю геометричних розмірів

гранітних деталей відображені в роботах В. В. Якіріна, М. А. Цимановича, В. Е. Шройта та інших авторів.

Для контролю та вимірювань відхилень від площинності і перпендикулярності гранітних деталей високоточних станків, координатно-вимірвальних машин, лазерних технологічних комплексів, повіркових плит необхідні засоби, що забезпечують похибку не більше 0,2 - 0,5 мкм на довжині 1 м. Відомі методи та засоби не дозволяють провести контроль з вказаною точністю та необхідною швидкістю в умовах серійного виробництва.

Спроба вибору кращого варіанту контролю з використанням відомих засобів позитивного результату не дає, так як покращення одного параметра часто супроводжується погіршенням будь-якого іншого з них. Тому виникла необхідність розробки автоматизованої системи та методики контролю відхилення від площинності і перпендикулярності.

Проведений аналіз методів дозволяє вважати найбільш ефективним компаративний метод контролю. Для цього необхідно:

- 1) розробка математичної моделі площинності і перпендикулярності об'єкту контролю;
- 2) розробка методів та засобів автоматизованого контролю відхилення від площинності і перпендикулярності гранітних деталей.

Друга глава присвячена теоретичній розробці математичної моделі площинності і перпендикулярності об'єкта контролю.

Приведені математичні вирази для опису площинності з допомогою "трендів".

Дослідження відхилення від площинності математично зводиться до побудови деякого критерію, котрий міг би показати наявність (чи відсутність) "трендів".

Профіль поверхні в напрямі k можна розглядати як реалізацію деякої випадкової функції $h(k)$ (рис. 1), де h - висота профілю.

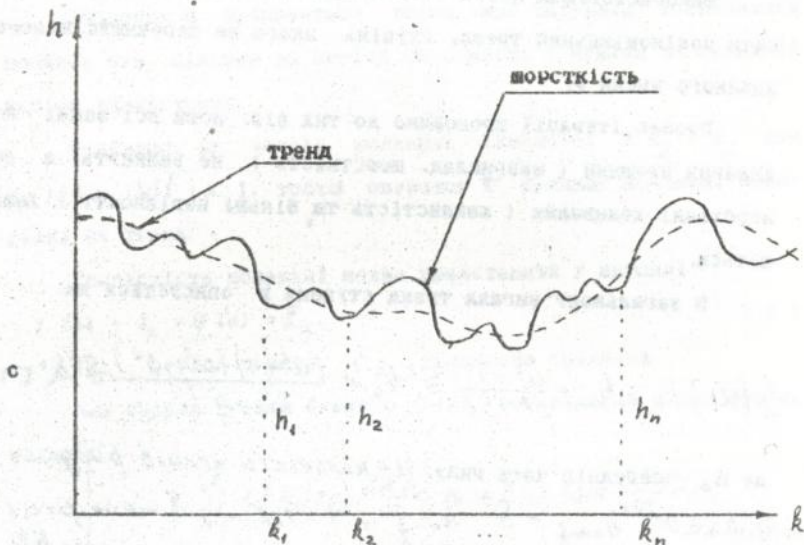


Рис. 1. Профіль поверхні гранітних деталей.

Дану послідовність висот h_1, h_2, \dots, h_n математично можна розглядати як ряд, який складатиметься з чотирьох складових:

- 1) випадкова (або шорсткість);
- 2) періодична (хвилястість);
- 3) коливальна неперіодична;
- 4) систематична (тобто систематичне зростання або падіння).

Останні три складові прийнято об'єднувати під загальною назвою "тренд". В деяких умовах тренд може дати значне відхилення від площини і таким чином необхідно вибрати критерій, що

показує наявність такого тренду.

Показано, що для ефективного запису тренду необхідно перейти від функцій до процесів. Тільки процес, не маючи своєї внутрішньої структури, може врахувати всі зміни тренда.

Використовуючи метод ітераційних усереднень, можливо описати поліноміальний тренд, ступінь якого не перевищує наперед заданого числа p .

Процес ітерації проводимо до тих пір, поки всі зайві коливання площини (наприклад, шорсткість) не зникнуть, а всі необхідні коливання (хвилястість та більші нерівності) залишаться.

В загальному вигляді тренд ступеня p описується як:

$$\frac{1}{u} [u] h_0 = h_0 + \frac{u^2 - 1}{2^2 \cdot 3!} \delta^2 h_0 + \frac{(u^2 - 1)(u^2 - 3^2)}{2^4 \cdot 5!} \delta^4 h_0 + \dots$$

де h_0 - середній член ряду, u - кількість членів ряду,

$$\delta^2 h_0 = \delta^{2-1} h_{0+\frac{1}{2}} - \delta^{2-1} h_{0-\frac{1}{2}}, \quad z = 1, 2, \dots, \quad \delta - \text{коефіцієнти}$$

Для виділення тренду ступеня p приймаємо в (1) $\delta^2 h_0 = 0$ для всіх $g > p$.

Дисперсія оцінки тренда має вигляд:

$$D \hat{h}_k = \sum_{i=1}^u \sum_{j=1}^u c_i c_j u_{ij} \quad (2)$$

де u_{ij} - коваріація h_i, h_j . Причому,

$$h_k = x_1 + x_2 + x_3 \quad (3)$$

де x_1 - випадкова складова,

x_2 - коливна складова (періодична і неперіодична складові),

x_3 - систематична складова (тренд).

Задача випадкової складової має вигляд:

$$T_{x1} = \frac{1}{u} \sum_{j=1}^u \xi_{k+j} \quad (4)$$

де $\lfloor \frac{u}{2} \rfloor$ - ціла частина величини $\frac{u}{2}$, ξ_k - випадкова величина.

T - оператор, $j = \left[\frac{u}{2} \right]$

$$\text{Дисперсія } T x_1 = D \sum_{j=1}^u a_j^2, \quad (5)$$

де D - дисперсія x_1 , $\sum_{j=1}^u a_j^2 < 1$,

$\{ a_j \}$ - вага усереднення ряду.

Значення u вибирається таким, щоб інтервал усереднення повинен був більшим за період шорсткості і меншим за середній період квиллястості.

Показано, що завада коливної складової $T x_2 = x_2$ при $x_2 = \sin(\omega t + \alpha)$, тобто оператор T приймає повільні коливання як тренд.

Квиллястість поверхні можна представити у вигляді:

$$y(k) = y_k = \varphi(k) + \varepsilon_k, \quad (6)$$

де $\varphi(k)$ - період тренда, ε_k - випадкова складова.

Для оцінки тренда функцій $\varphi(k)$ розкладаємо в ряд Фур'є.

маємо:

$$\varphi(k) = \begin{cases} \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha(p_j) \cos \frac{2\pi p_j}{T} k + \beta(p_j) \sin \frac{2\pi p_j}{T} k, & \text{якщо } T \text{ - не парне;} \\ \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha(p_j) \cos \frac{2\pi p_j}{T} k + \beta(p_j) \sin \frac{2\pi p_j}{T} k + \alpha_{\frac{T}{2}} (-1)^k, & \text{якщо } T \text{ - парне;} \end{cases} \quad (7)$$

де p_j - цілі числа, $j = 1 \dots q$; $q = \begin{cases} \frac{T-1}{2}, & T \text{ не парне;} \\ \frac{T}{2}, & \text{якщо } T \text{ парне} \end{cases}$

Відхилення від площинності можна знайти за формулою (7).

оцінивши коефіцієнти $\alpha_0, \alpha_{\frac{T}{2}}, \alpha(p_j), \beta(p_j)$, $j = 1, \dots, q$.

Використовуючи метод найменших квадратів маємо:

$$a_0 = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^T y_k = \bar{y}; \quad a_{\frac{T}{2}} = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^T y_k (-1)^k;$$

$$a(p_j) = \frac{2}{T} \sum_{k=1}^T y_k \cos \frac{2\pi p_j k}{T}, \quad j=1, \dots, q; \quad (8)$$

$$b(p_j) = \frac{2}{T} \sum_{k=1}^T y_k \sin \frac{2\pi p_j k}{T}, \quad j=1, \dots, q.$$

Підставляючи (8) в (7) одержимо оцінку тренда, яка і буде служити математичною моделлю відхилення від площинності.

Функцію $\varphi(k) = \sum_{i=1}^q \varphi_i(k)$ можна подати як:

$$\varphi(k) = \alpha \cos \lambda k + \beta \sin \lambda k = \rho \cos(\lambda k - \theta), \quad (9)$$

де $\rho^2 = \alpha^2 + \beta^2$, $\theta = \arctg \frac{\beta}{\alpha}$. Тоді модель прийме вигляд:

$$\varphi(k) = A(\nu) \cos \lambda k + B(\nu) \sin \lambda k, \quad (10)$$

$$\text{де } A(\nu) = \frac{2}{T} \sum_{k=1}^T y_k \cos \nu k, \quad 0 \leq \nu \leq \pi;$$

$$B(\nu) = \frac{2}{T} \sum_{k=1}^T y_k \sin \nu k, \quad 0 \leq \nu \leq \pi.$$

Описана математична модель дозволила промодельовати відхилення від площинності і перпендикулярності гранітних деталей. В результаті моделювання було визначено, що значний вклад в відхилення від площинності вносять періодична і неперіодична складові тренда.

Третя глава присвячена розробці методу і автоматизованої системи контролю та вимірювань відхилень від площинності і перпендикулярності з підвищеними метрологічними характеристиками.

Для реалізації контролю та вимірювань геометричних розмірів деталей із граніту розроблений компаративний метод контролю, який має високу швидкість і точність.

Метод базується на порівнянні відхилень від площинності і перпендикулярності з еталонною площиною, повірка якої проведена в метрологічному центрі. Конструктивно компаратор являє собою плиту 1 на трьох аеростатичних опорах 3 з газовим змащенням між нею і поверхнею 4, що контролюється (рис. 2).

Свори встановлені в відповідних точках вибраної сітки

контролю. В других точках сітки розміщені дев'ять індуктивних

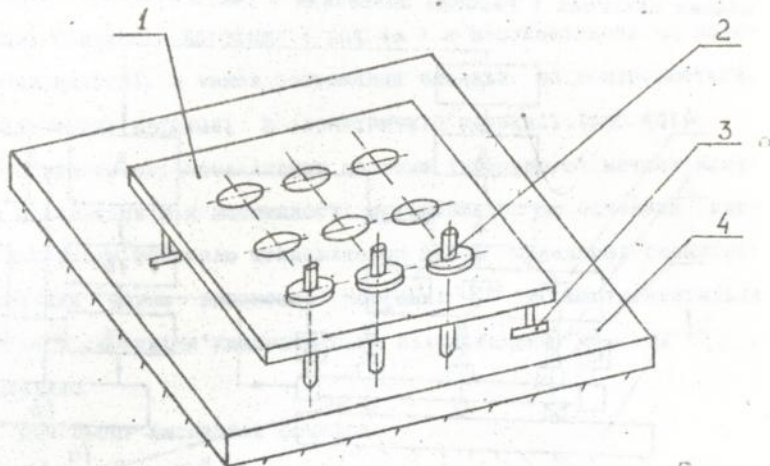


Рис. 2. Компаратор.

давачів 2, розташованих в затискувчих пристроях, котрі дозволяють проводити регулювання мікрометричним гвинтом по висоті і тим самим установку нульового значення по еталонній плиті. Контроль гранітних деталей проводиться індуктивними давачами в той момент, коли припиняється подача повітря в аеростатичні опори.

Для контролю відхилення від перпендикулярності розроблений і досліджений кутомірний пристрій у вигляді кутника з чотирма індуктивними давачами. Атестація його проводиться по зразковому гранітному кутнику.

Пересування кутомірного пристрою здійснюється лінійними двигунами з газовим змащенням.

З використанням розробленої методики були досліджені основні структурні базові елементи, цюшки контролю і розроблена блок-схема автоматизованого контролю відхилення від пло-

щинності і перпендикулярності з допомогою компаратора на лінійних двигунах з газовим змащенням (рис. 3).

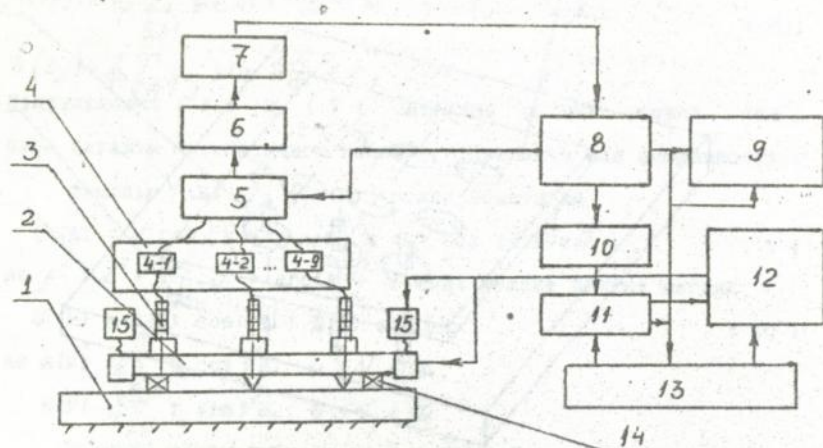


Рис. 3. Блок-схема автоматизованої системи контролю віщності та перпендикулярності:

- 1 - об'єкт контролю; 2 - компаратор; 3 - індуктивні датчі;
- 4 - блок підсилювачів; 5 - комутатор; 6 - АЦП; 7 - інтерфейс;
- 8 - ПЕСМ; 9 - відеотермінал; 10 - контролер; 11 - ЦАП.

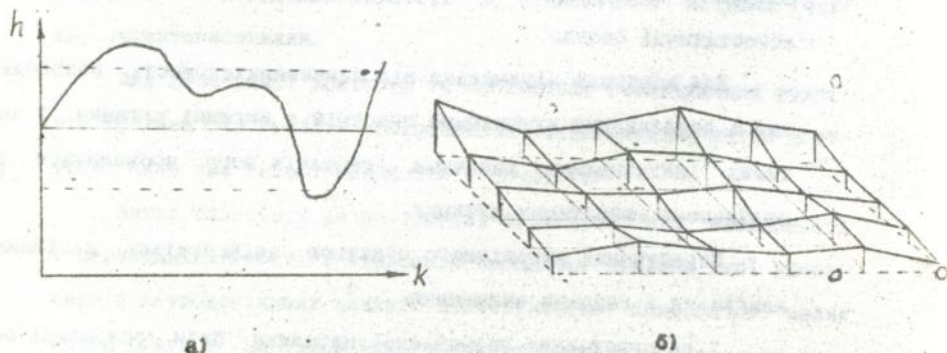


Рис. 4. Зображення поверхні гранітної плити на екрані монітора.

Розроблена програма "PLANE-1", що дозволяє обробити результати контролю та вимірювань, одержати зображення на дисплеї будь-якого перетину (рис. 4а) в поздовжньому чи поперечному напрямі, а також зображення площини, що контролюється, у збільшеному масштабі в ізометричній проекції (рис. 4б).

В результаті дослідження похибки "крокового" методу контролю відхилення від площинності встановлено, що основний внесок в похибку контролю компаратором мають випадкові складові: відхилення форми зразкової поверхні та інструментальна похибка з середніми квадратичними відхиленнями σ_p та $\sigma_{ин}$, відповідно.

При цьому дисперсія похибки:

$$\sigma^2 = \sigma_p^2 + \sigma_{ин}^2 \quad (11)$$

Та обставина, що при вимірюванні компаратором інформація надходить у вигляді дискретних значень, аналіз "крокового" методу вимірювання зводиться до визначення похибки апроксимації реального профілю за окремими результатами вимірювання. Функція профілю поверхні $Z(x)$ на відрізку (x_i, x_{i+1}) має вигляд:

$$Z(x) = f(x) - f(x_i) - \frac{f(x_{i+1}) - f(x_i)}{x_{i+1} - x_i} (x - x_i) \quad (12)$$

Для математичного моделювання поверхні модіально викорис-товувати клас стаціонарних Гаусових функцій з неперервною спектральною густиною. Тоді (12) прийме вигляд:

$$Z(x) = G(x) - G(x_i) - \frac{G(x_{i+1}) - G(x_i)}{x_{i+1} - x_i} (x - x_i), \quad (13)$$

де $G(x)$ - Гаусова функція.

Дисперсія методичної похибки буде:

$$\sigma_M^2 = \sigma_Z^2 = \sigma_G^2 \left[\frac{3}{2} - 2e^{-\frac{\sqrt{L}}{16} \frac{\alpha^2}{x_0^2}} + \frac{1}{2} e^{-\frac{\sqrt{L}}{4} \frac{\alpha^2}{x_0^2}} \right], \quad (14)$$

$$\text{при } R_G(x) = \frac{\sigma_G^2(x)}{1 + \frac{\sqrt{L}}{4} \left(\frac{x}{x_0}\right)^2}$$

$$\sigma_M^2 = \sigma_z^2 = \sigma_G^2 \left[\frac{3}{2} - \frac{2}{1 + \frac{\sqrt{2}}{16} \frac{a^2}{x_0}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \frac{a^2}{x_0^2}} \right], \quad (16)$$

$$\text{при } R_G(x) = \sigma_G^2 e^{-\frac{\sqrt{2}}{4} \left(\frac{x}{x_0}\right)^2}, \quad (17)$$

де $R_G(x)$ - кореляційна функція;

σ_G^2 - дисперсія;

$a = x_{i+1} - x_i$ - крок компаратора.

Середнє квадратичне відхилення методичної похибки реального компаратора при $\sigma = 3,6$ мкм, $a = 30$ мкм, $L_1 = L_2 = 210$ мкм, $x = 0,25 L$, складає в разі апроксимації значень кореляційної функції з допомогою виразу (17) буде $\sigma_M = 0,036$ мкм. Відносна похибка компаратора не перевищує 0,07%.

В роботі показано, що ймовірність аномального відхилення в перетинах, що не контролюються давачами, має вигляд:

$$P = e^{-M_S^2},$$

$$\text{де } M_S = 2V_S = 2SV_1, \quad V_1 = \frac{a\sigma_x\sigma_y}{2\sqrt{2}\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{a^2}{2\sigma^2}} \quad (18)$$

де V_S - середнє число викидів на площині S .

В четвертій главі наведені результати експериментальних досліджень розробленої автоматизованої системи контролю та вимірювання геометричних розмірів гранітних деталей. аналіз похибок.

При проведенні експерименту дослідним шляхом було вибрано дві групи деталей і проведена розбірка по принципу "придатна-непридатна".

Розроблений кутомірний пристрій дозволяє вирішувати задачі крім відхилення від перпендикулярності (попарно в точках 1 - 2, 3 - 4) і відхилення від прямолінійності (попарно в

точках 1-4, 2-3).

Пристрій забезпечує при витримці розрахункових відстаней між давачами 1-4 і установці в центрі квадрату додаткового давача контролювати і відхилення від площини бічної сторони портала. Крім цього, за результатами вимірювань протилежних бічних сторін пазів гранітних деталей можливо оцінити відхилення від паралельності.

При реалізації даної методики автоматизованого контролю, найбільша ймовірності $P_{\delta a}$ помилкового визначення, придатним якого в дійсності дефектного зразку, має вигляд

$$P_{\delta a} = \int_{-(G+G_y)}^{-(G-G_y)} \varphi(\Delta_k) d\Delta_k, \quad \text{для точки } \Delta_x = G \quad (19)$$

де $\varphi(\Delta_k)$ - густина розподілення ймовірності похибки вимірювання площинності;

G - границя поля допуску для відхилення Δ_x ;

Δ_x - відхилення від площинності;

G_y - границя поля контрольного допуску ($|G_y| \leq G$).

Експериментальними дослідженнями встановлено, що при параметрах методики автоматизованого контролю та характеристиками похибок вимірювання $G_y = 0.82 G$, $G_\beta = 0.95$, $\sigma_p(\Delta) = 0.075 G$.

де G_β - границя області ($0 \leq |\Delta_x| \leq |G_\beta|$) значень Δ_x , для яких результати вимірних контролю признаються помилковими;

$\sigma_p(\Delta)$ - границя допустимого середнього квадратичного відхилення похибки вимірювання площинності, згідно з методикою НИ 1317 - 86 ймовірність $0.011 \leq P_{\delta a} \leq 0.015$ при пред'явленні партії 580 деталей.

При цьому похибка визначення ймовірності дорівнює

$$(\Delta_{\lambda M})_{\text{ба}} = 0,895 \text{ Г}$$

Автоматизована система контролю та вимірювання забезпечила:

- перетворення інформації в 8-ти розрядний цифровий код в темпі 7,5 млн. в секунду по дев'яти каналах і запам'ятовування знятої інформації в ОЗП об'ємом 4 Кбайт на кожний канал;

- виведення знятої інформації на екран монітора в ізометричній проекції (рис. 4Б);

- організацію бази даних про випробування в пам'яті ПЕОМ;

- проведення обробки інформації за допомогою розробленого пакету програм;

- рух компаратора на аеростатичних опорах з індуктивними перетворювачами.

Розроблений пакет прикладних програм "PLANE-1", "NETR", що реалізує наступні функції:

- введення та контроль інформації про відхилення від площинності та перпендикулярності гранітних деталей розмірами до 1600 x 2600 мм;

- створення бази даних про зразки гранітних деталей, що досліджуються;

- аналіз введеної інформації, порівняння різних параметрів гранітних деталей з відомими еталонними характеристиками;

- виведення результатів вимірів у відповідному вигляді;

- атестацію вимірювального каналу.

Експеримент проводився з використанням електронної системи моделі 76504. Абсолютна похибка не перевищує 0,2 мкм, що практично забезпечує необхідну точність в контролі відхилення

від перпендикулярності і площинності.

Проведена метрологічна експертиза та атестація вимірювального каналу і дані відповідні рекомендації.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ВИСНОВКИ.

1. Проведений порівняльний аналіз засобів та методів контролю відхилення від площинності і перпендикулярності гранітних деталей. Запропонована класифікація методів контролю геометричних розмірів гранітних деталей. Доведено, що найбільш перспективними для контролю гранітних деталей є давачі з індуктивним перетворювачами.

2. Розроблена методика автоматизованого контролю відхилення від площинності і перпендикулярності гранітних деталей з високою точністю та швидкодією, яка дозволяє зменшити в 1,7 - 2 рази методичну похибку вимірювання.

3. Розроблений компаратор на аеростатичних опорах з газовим значенням з індуктивними давачами мод. 76504. Визначена необхідна і достатня кількість давачів з індуктивними перетворювачами, які входять до запропонованого компаратора. Запропонований кутонірний пристрій для контролю гранітних деталей.

4. Визначена необхідна і достатня умова кількості крапок вимірювання на площині в залежності від точності та розмірів плити, яка дозволила скоротити час вимірювання більш, як в 7 разів.

5. Розроблена структура автоматизованої системи контролю геометричних розмірів гранітних деталей.

6. Розроблена математична модель досліджуваної поверхні. Запропонований опис поверхні, що контролюється за допомогою "трендів". Ця модель ефективно відображає характерні фізичні

особливості вимірюваних відхилень від площинності і перпендикулярності.

7. Розроблений експериментальний пристрій для перевірки структури автоматизованої системи контролю відхилень від площинності і перпендикулярності гранітних деталей.

8. Проведені експериментальні дослідження відхилень від площинності та перпендикулярності з використанням автоматизованої системи контролю та порівняння з результатами контролю зразковими засобами вимірювань підтвердили ефективність контролю розробленими засобами. При цьому встановлено, що забезпечується підвищення продуктивності контролю в 8 - 10 разів та точносних характеристик в 2 - 2,5 рази.

9. На основі експериментальних та теоретичних досліджень встановлено, що запропонований метод контролю та вимірювань, структура компаратора, автоматизована система контролю забезпечує високу точність, швидкодію та може бути запропонована для серійного використання.

10. Досліджені метрологічні характеристики вимірювального каналу автоматизованої системи контролю.

Розроблена програма "МЕТ" для атестації вимірювального каналу автоматизованої системи контролю відхилень від площинності та перпендикулярності гранітних деталей.

11. Розроблений алгоритм і програма "PLANE" виконання основних процедур вимірювання при дозвільній кількості контрольованих точок, визначення похибки вимірювання, а також середньоквадратичного відхилення, з оформленням зведеної таблиці результатів вимірів, висновках про придатність деталей і графічні зображення на моніторі відхилення від площинності та перпендикулярності.

12. Ефективність запропонованих рішень підтверджується

розробок, впровадження і випробуванням в НВО "Ротор" (м. Черкаси), ВО "Південмаш" (м. Дніпропетровськ), ДНВО "Нет-рологія" (м. Харків) автоматизованої системи контролю геометричних розмірів гранітних деталей.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ
В НАСТУПНИХ РОБОТАХ.

1. Квасніков В. П. Автоматизований метод контролю форми та розташування поверхні деталей складної форми. Тематичний збірник наукових робіт. - Москва, МАІ, 1991, с. 49-52.
2. Квасніков В. П. Автоматизований контроль форми і розташування поверхні. - Обласна науково-технічна конференція "Соціально-економічні і науково-технічні проблеми розвитку народного господарства", м. Черкаси, 1990, с. 68.
3. Квасніков В. П. Новий метод автоматизації вимірювання відхилення від форми. Матеріали всесоюзної науково-технічної конференції "Шляхи прискорення робіт по автоматизації електро-технічного виробництва на основі чередових технологічних процесів і гнучких перепрограмуваних комплексів". - м. Ленінград, 1988, с. 49-50.
4. Квасніков В. П. Контроль допуску плавності великогабаритних деталей гнучких виробничих модулів. Збірник наукових робіт. - НВО "Метрологія", Харків, 1991, с. 79-85.
5. Рушенко В. Т., Квасніков В. П. Безреагентна установка очищення потужністю 500 м³/год. - 10000 м³/год. Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми екологічного моніторингу та охорони праці", Севастополь, 1993, с. 82-83.
6. Квасніков В. П., Пимбал А. П. Пристрій для підготовки кільцевих зразків свідків магнітом'яких матеріалів лінійних двигунів. Заводська лабораторія, НЗ, Москва, 1991, с. 29.
7. Квасніков В. П. Шляхи підвищення якості виробництва гранітних деталей. II Науково-практична конференція "Науково-технічний рівень і якість продукції", Черкаси, 1989, с. 58-60.

457402

1. Исачкин В. П. Автоматизация систем управления двигателем внутреннего сгорания (автоматизация системы управления двигателем внутреннего сгорания). - Москва, 1971. С. 19-20.
2. Исачкин В. П. Автоматизация системы управления двигателем внутреннего сгорания. - Общественно-техническое объединение "Образование, наука и техника". - Москва, 1970. С. 20.
3. Исачкин В. П. Новая система автоматизации управления двигателем внутреннего сгорания. - Журнал "Техника и наука". - Москва, 1970. С. 21-22.
4. Исачкин В. П. Система автоматизации управления двигателем внутреннего сгорания. - Журнал "Техника и наука". - Москва, 1971. С. 23-24.
5. Исачкин В. П., Козлов В. В. Система автоматизации управления двигателем внутреннего сгорания. - Журнал "Техника и наука". - Москва, 1971. С. 25-26.
6. Исачкин В. П., Козлов В. В. Система автоматизации управления двигателем внутреннего сгорания. - Журнал "Техника и наука". - Москва, 1971. С. 27-28.
7. Исачкин В. П., Козлов В. В. Система автоматизации управления двигателем внутреннего сгорания. - Журнал "Техника и наука". - Москва, 1971. С. 29-30.