



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **98035** (13) **C2**  
(51) МПК (2012.01)  
**G06F 7/00**  
**G06K 9/42** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

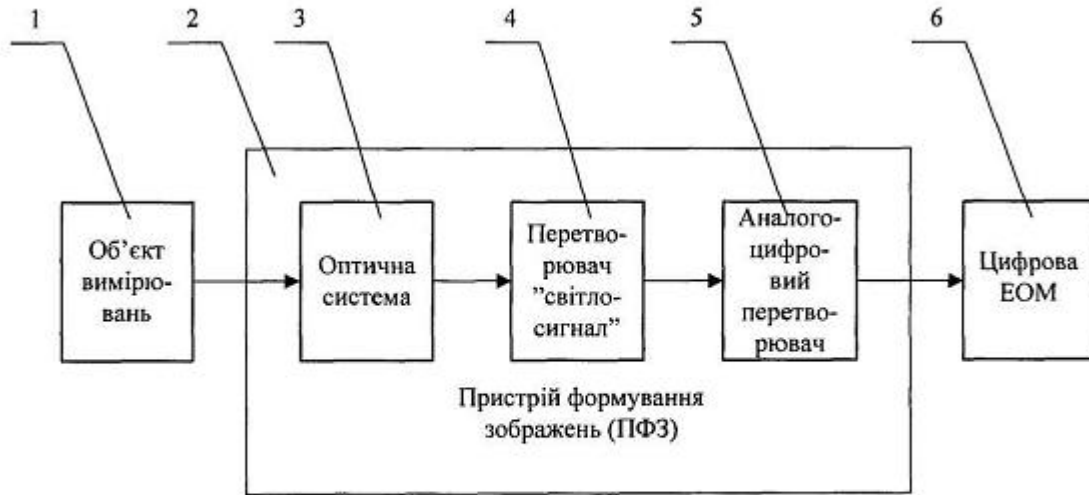
<p>(21) Номер заявки: <b>а 2010 09758</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>05.08.2010</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>10.04.2012</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>11.04.2011, Бюл.№ 7</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.04.2012, Бюл.№ 7</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Подчашинський Юрій Олександрович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ</b>, вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 71412 A; 15.11.2004 UA 91174 C2; 25.06.2010 SU 805366 A1; 15.02.1981 US 2009263002 A1; 22.10.2009 RU 2243591 C1; 27.12.2004 EP 0627696 A2; 07.12.1994 Цифровое кодирование телевизионных изображений / Под ред. И.И. Цуккермана. - М.: Радио и связь, 1981. - С. 160-161, 182-187</p>
--	---

**(54) СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, ЩО МІСТЯТЬ ВИМІРЮВАЛЬНУ ІНФОРМАЦІЮ ПРО ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ОБ'ЄКТІВ ВИМІРЮВАНЬ**

**(57) Реферат:**

Спосіб відновлення зображень, що містять вимірювальну інформацію про геометричні параметри об'єктів вимірювань належить до вимірювальної техніки та цифрової обробки зображень. В способі формують зображення об'єкта вимірювань за допомогою оптичної системи та перетворювача "світло-сигнал" пристрою формування зображень ПФЗ, перетворюють це зображення в цифрову форму та вводять його в цифрову електронну обчислювальну машину ЕОМ. Після цього нормують амплітуду відеосигналу зображення об'єкта вимірювань відносно максимально можливого значення і обчислюють похідну від нормованої амплітуди відеосигналу в рядках і стовпцях цього зображення. Потім серед усіх обчислених значень знаходять максимальну величину цієї похідної і з її урахуванням визначають частотну характеристику ПФЗ. Після чого виконують відновлення зображення об'єкта вимірювань з динамічними викривленнями, що виникли в процесі його формування, за допомогою цифрового фільтра з частотною характеристикою, що є оберненою до частотної характеристики ПФЗ. Технічним результатом є підвищення ефективності відновлення зображень та, як наслідок, підвищення точності вимірювальної інформації про геометричні параметри об'єктів вимірювань, що міститься на відновлених зображеннях в несприятливих та нестаціонарних умовах проведення вимірювань.

UA 98035 C2



Фіг. 1

Винахід належить до галузі вимірювальної техніки і може бути використаний для підвищення точності вимірювань геометричних параметрів різних об'єктів вимірювань.

Одним з ефективних способів вимірювань геометричних параметрів об'єкта вимірювань, що досліджують, є формування його зображення, введення цього зображення в цифрову електронну обчислювальну машину (ЕОМ) та визначення геометричних параметрів об'єкта вимірювань за його зображенням. В процесі формування зображення за допомогою пристрою формування зображень (ПФЗ) до зображення додаються динамічні викривлення, що обумовлені: обмеженою смугою частот ПФЗ; неоднорідністю оптичного середовища між об'єктом вимірювань і ПФЗ; переміщенням об'єкта вимірювань відносно ПФЗ в процесі вимірювань. Ці викривлення є негативним фактором, який погіршує якість відтворення контурів об'єкта вимірювань на зображенні і суттєво знижує точність вимірювань геометричних параметрів цього об'єкта. Тому актуальною науково-технічною задачею є розробка ефективних способів відновлення зображень, які містять динамічні викривлення, що виникли в процесі їх формування. На основі цих способів можна суттєво підвищити точність результатів вимірювань геометричних параметрів об'єктів вимірювань.

Відомий спосіб відновлення зображень [1, с. 160-161, 182-187], що вибраний за прототип.

Як і спосіб-винахід, спосіб-прототип включає формування зображення об'єкта вимірювань за допомогою оптичної системи та перетворювача "світлосигнал" пристрою формування зображень (ПФЗ), перетворення цього зображення в цифрову форму та його введення в цифрову електронну обчислювальну машину (ЕОМ), відновлення зображення об'єкта вимірювань з динамічними викривленнями, що виникли в процесі його формування, за допомогою цифрового фільтра з частотною характеристикою, що є оберненою до частотної характеристики ПФЗ.

Проте, на відміну від способу-винаходу, у способі-прототипі частотна характеристика ПФЗ вважається апріорно відомою до початку відновлення зображень об'єктів вимірювань. Наприклад, вона може бути визначена шляхом розрахунку на етапі розробки ПФЗ або шляхом дослідження тестових зображень перед початком експлуатації ПФЗ в складі системи для вимірювання геометричних параметрів. Але в процесі експлуатації вказаної системи параметри ПФЗ, що впливають на його частотну характеристику, можуть змінюватися. Найбільш суттєвою такою зміною може бути в несприятливих та нестаціонарних умовах вимірювань, якими характеризуються операції контролю геометричних параметрів при виробництві промислової продукції.

Тому апріорно відома частотна характеристика ПФЗ, що використовується для відновлення зображень в способі-прототипі, не відповідає частотній характеристиці ПФЗ у поточний момент часу, під впливом якої у зображення об'єкта вимірювань були внесені динамічні викривлення. В результаті, на відновленому зображенні об'єкта вимірювань в способі-прототипі залишається значна частина динамічних викривлень, обумовлених неспівпадінням вказаних частотних характеристик. Цей залишок динамічних викривлень значно погіршує якість відтворення контурів об'єкта вимірювань на відновленому зображенні.

Таким чином, суттєвим недоліком способу-прототипу є низька якість відтворення контурів об'єктів вимірювань на відновлених зображеннях і, як наслідок, суттєве зниження точності передачі вимірювальної інформації про геометричні параметри цих об'єктів вимірювань в несприятливих та нестаціонарних умовах вимірювань.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу відновлення зображень, що містять вимірювальну інформацію про геометричні параметри об'єктів вимірювань, щоб забезпечити підвищення якості відтворення контурів об'єктів вимірювань на відновлених зображеннях і, як наслідок, підвищення точності передачі вимірювальної інформації про геометричні параметри цих об'єктів вимірювань в несприятливих та нестаціонарних умовах вимірювань.

Поставлена задача вирішується шляхом того, що після введення зображення об'єкта вимірювань в цифрову ЕОМ нормують амплітуду відеосигналу цього зображення відносно його максимально можливого значення і обчислюють похідну від нормованої амплітуди відеосигналу в рядках і стовпцях цього зображення, потім серед усіх обчислених значень знаходять максимальну величину цієї похідної і з її урахуванням визначають частотну характеристику ПФЗ, після чого виконують відновлення зображення об'єкта вимірювань.

Підвищення якості відтворення контурів об'єкта вимірювань на відновленому зображенні забезпечується за рахунок того, що в ході його відновлення визначається частотна характеристика ПФЗ, яка відповідає поточному моменту формування даного зображення. Для цього після введення зображення об'єкта вимірювань в цифрову ЕОМ нормують амплітуду відеосигналу цього зображення відносно максимально можливого значення і обчислюють

похідну від нормованої амплітуди відеосигналу в рядках і стовпцях цього зображення. Ця похідна характеризує поточну якість передачі контурів на зображенні об'єкта вимірювань, що сформоване в ПФЗ, та поточну величину динамічних викривлень.

Після цього серед усіх обчислених значень знаходять максимальне значення вказаної похідної, що відповідає найбільш різкій зміні амплітуди відеосигналу на зображенні об'єкта вимірювань. Ця зміна утворює контур об'єкта вимірювань. На основі максимального значення похідної для даного зображення визначають частотну характеристику ПФЗ, що відповідає моменту формування цього зображення і призводить до наявних динамічних викривлень. Отриману частотну характеристику ПФЗ використовують безпосередньо для відновлення цього зображення.

Таким чином, в способі-винаході для відновлення зображень об'єкта вимірювань використовується частотна характеристика ПФЗ, що відповідає властивостям ПФЗ в поточний момент часу. В результаті, з відновленого зображення об'єкта вимірювань в способі-винаході виключається переважна більшість динамічних викривлень. Це і є умовою якісного відтворення контурів об'єкта вимірювань на відновленому зображенні.

Таким чином, в способі-винаході забезпечується суттєве підвищення якості відтворення контурів об'єктів вимірювань на відновлених зображеннях і, як наслідок, підвищення точності передачі вимірювальної інформації про геометричні параметри цих об'єктів вимірювань в несприятливих та нестаціонарних умовах вимірювань.

Перелік креслень, що пояснюють суть способу-винаходу:

- фіг. 1 - структурна схема пристрою, що реалізує спосіб-винахід;
- фіг. 2 і 3 - зображення тестових об'єктів вимірювань, що використовувалися при дослідженні способу-винаходу;
- фіг. 4 - зображення поверхні граніту з Покостівського родовища Житомирської області, для якого може бути використаний спосіб-винахід при вимірюванні геометричних параметрів структурних елементів поверхні.

Спосіб-винахід виконують у такій послідовності:

1. Формують зображення об'єкта вимірювань за допомогою оптичної системи та перетворювача "світло-сигнал" ПФЗ, перетворюють це зображення в цифрову форму та вводять його в цифрову ЕОМ. В результаті цифрова ЕОМ містить зображення, двовимірний спектр якого визначається виразом [2]:

$$B_1(j\omega_1, j\omega_2) = B_0(j\omega_1, j\omega_2) \cdot H_1(\omega_1, \omega_2), \quad (1)$$

де  $B_0(j\omega_1, j\omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} A_0(x, y) e^{-j(\omega_1 x + \omega_2 y)} dx dy$  - двовимірний спектр початкового оптичного зображення  $A_0(x, y)$  об'єкта вимірювань на вході ПФЗ;

- $\omega_1$  і  $\omega_2$  - просторові частоти в площині зображення об'єкта вимірювань,
- $x$  і  $y$  - просторові координати в площині зображення об'єкта вимірювань;

$H_1(\omega_1, \omega_2)$  - поточна частотна характеристика ПФЗ, що приводить до динамічних викривлень сформованого зображення об'єкта вимірювань.

Амплітуда відеосигналу зображення об'єкта вимірювань в цифровій ЕОМ пов'язана з двовимірним спектром цього зображення двовимірним зворотним перетворенням Фур'є [2]:

$$A_1(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} B_1(j\omega_1, j\omega_2) e^{j(\omega_1 x + \omega_2 y)} d\omega_1 d\omega_2.$$

При цьому в загальному випадку двовимірний спектр зображення об'єкта вимірювань є комплексним. Але частотну характеристику ПФЗ вважають дійсною, що є прийнятним підходом для більшості практично можливих випадків [3].

2. Нормують амплітуду відеосигналу зображення об'єкта вимірювань відносно його максимально можливого значення і обчислюють похідну від нормованої амплітуди відеосигналу в рядках і стовпцях цього зображення.

Як відомо, нормування амплітуди відеосигналу виконують згідно з формулою:

$$A_{1H}(x, y) = A_1(x, y) / A_{1max},$$

Де  $A_{1max}$  - максимально можливе значення амплітуди відеосигналу зображення об'єкта вимірювань, наприклад, для 8-бітового кодування амплітуди відеосигналу  $A_{1max} = 255$  дискретних рівнів.

Похідна від нормованої амплітуди відеосигналу в рядках і стовпцях зображення об'єкта вимірювань обчислюється згідно з формулами:

$$A'_x(x, y) = A_{1H}(x, y) - A_{1H}(x - \delta_x, y) / \delta_x |_{y=const}, \quad (2)$$

$$A'_y(x, y) = A_{1H}(x, y) - A_{1H}(x, y - \delta_y) / \delta_y \Big|_{y=\text{const}}, \quad (3)$$

де  $\delta_x$  і  $\delta_y$  - крок дискретності між цифровими відліками амплітуди відеосигналу відповідно в рядках і стовпцях зображення об'єкта вимірювань.

Формули (2) і (3) відповідають формулам методу чисельного диференціювання [4], що застосований до зображення об'єкта вимірювань як двовимірного масиву цифрових відліків амплітуди відеосигналу, що зберігаються в цифровій ЕОМ.

3. Серед усіх обчислених значень знаходять максимальну величину  $A'_{\max}$  похідної від нормованої амплітуди відеосигналу зображення об'єкта вимірювань. Цю максимальну величину шукають серед значень, отриманих за формулами (2) і (3) в п. 2.

4. З урахуванням максимальної величини похідної від нормованої амплітуди відеосигналу зображення об'єкта вимірювань визначають частотну характеристику ПФЗ  $H(\omega_1, \omega_2)$ .

Для отримання розрахункової формули частотної характеристики ПФЗ було використано наступні міркування. Функція розсіювання лінії вертикального контура об'єкта вимірювань згідно з [5] дорівнює:

$$h_L(x) = \frac{dA_1(x, y)}{dx} \Big|_{y=\text{const}} = A'_x(x, y) \Big|_{y=\text{const}}. \quad (4)$$

З іншого боку, функція розсіювання лінії утворюється множиною точок контуру. Кожна з цих точок представлена на виході ПФЗ функцією розсіювання точки  $h_T(x, y)$ , яка є характеристикою оптичної системи даного ПФЗ. Таким чином, функція розсіювання лінії

$$h_L(x) = \int_{-\infty}^{\infty} h_T(x, y) dy \quad (5)$$

Функція розсіювання точки для якісної та добре налаштованої оптичної системи має кругову симетрію відносно центру просторових координат в площині двовимірної інформації. В цьому випадку функція розсіювання точки може бути апроксимована двовимірною кривою Гауса [6]:

$$h_T(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_{\text{ПФЗ}}^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_{\text{ПФЗ}}^2}\right), \quad (6)$$

де  $\sigma_{\text{ПФЗ}}$  - параметр, що визначає динамічні характеристики ПФЗ.

Визначають функцію розсіювання лінії на основі формули (5) з урахуванням (6):

$$h_L(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\text{ПФЗ}}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_{\text{ПФЗ}}^2}\right). \quad (7)$$

Функція розсіювання лінії (4), апроксимована згідно формули (7), має максимум в точці  $x=0$ , яку вважають координатою контуру об'єкта вимірювань:

$$h_{L\max}(x) = h_L(0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\text{ПФЗ}}} = A'_{\max} \quad (8)$$

З формули (8) отримують остаточний вираз для  $\sigma_{\text{ПФЗ}}$ :

$$\sigma_{\text{ПФЗ}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot A'_{\max}}. \quad (9)$$

Згідно з [3], частотна характеристика ПФЗ відповідає оптичній передаточній функції, що може бути обчислена на основі двовимірного перетворення Фур'є функції розсіювання точки:

$$H(\omega_1, \omega_2) = |H(j\omega_1, j\omega_2)| = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h_T(x, y) e^{-j(\omega_1 x + \omega_2 y)} dx dy \quad (10)$$

Підставляючи (6) в (10), отримуємо частотну характеристику ПФЗ:

$$H(\omega_1, \omega_2) = \exp\left(-\frac{(\omega_1^2 + \omega_2^2) \cdot \sigma_{\text{ПФЗ}}^2}{2}\right) \quad (11)$$

З врахуванням формул (9) і (11) остаточно отримуємо:

$$H(\omega_1, \omega_2) = \exp\left(-\frac{(\omega_1^2 + \omega_2^2)}{4\pi \cdot (A'_{\max})^2}\right) \quad (11)$$

5. Виконують відновлення зображення об'єкта вимірювань з динамічними викривленнями, що виникли в процесі його формування, за допомогою цифрового фільтра з частотною характеристикою, що є оберненою до частотної характеристики ПФЗ. При цьому двовимірний спектр відновленого зображення об'єкта вимірювань визначається формулою [1]:

$$B_0^*(j\omega_1, j\omega_2) = B_1(j\omega_1, j\omega_2) / H(\omega_1, \omega_2) \quad (12)$$

Амплітуда відеосигналу відновленого зображення об'єкта вимірювань пов'язана з двовимірним спектром цього зображення двовимірним зворотним перетворенням Фур'є [2]:

$$A_0^*(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} B_0^*(j\omega_1, j\omega_2) e^{j(\omega_1 x + \omega_2 y)} d\omega_1 d\omega_2$$

5 Оскільки в способі-винаході для відновлення зображень об'єкта вимірювань використовується частотна характеристика ПФЗ, що відповідає властивостям ПФЗ в поточний момент часу, то

$$H(\omega_1, \omega_2) \approx H_1(\omega_1, \omega_2) \quad (13)$$

Порівнюючи формули (1), (12) і (13) та враховуючи взаємну відповідність прямого та зворотного перетворення Фур'є, можна зробити висновок, що

$$B_0^*(j\omega_1, j\omega_2) \approx B_1(j\omega_1, j\omega_2), \quad A_0^*(j\omega_1, j\omega_2) \approx A_1(j\omega_1, j\omega_2)$$

10 Таким чином, з відновленого зображення об'єкта вимірювань в способі-винаході виключається переважна більшість динамічних викривлень. А це і є умовою якісного відтворення контурів об'єкта вимірювань на відновленому зображенні та підвищення точності передачі вимірювальної інформації про геометричні параметри об'єкта вимірювань.

15 Для перевірки працездатності способу-винаходу було створено пристрій, що реалізує запропонований спосіб-винахід (фіг. 1).

Вказаний пристрій містить об'єкт 1 вимірювань, пристрій 2 формування зображень та цифрову ЕОМ 6. Пристрій 2 формування зображень містить оптичну систему 3, перетворювач 4 "світло-сигнал", аналого-цифровий перетворювач 5. Вхід оптичної системи 3 оптично пов'язаний з об'єктом 1 вимірювань, а її вихід оптично пов'язаний з входом перетворювача 4 "світло-сигнал", вихід якого підключено до входу аналого-цифрового перетворювача 5, вихід якого підключено до входу цифрової ЕОМ 6.

20 Пристрій для фільтрації зображень працює таким чином. Пристрій 2 формування зображень формує зображення об'єкта 1 вимірювань, що розташований в полі зору оптичної системи 3. Це відбувається за допомогою оптичної системи 3 та перетворювача 4 "світло-сигнал". Далі пристрій 2 формування зображень перетворює зображення об'єкта 1 вимірювань в цифрову форму за допомогою аналого-цифрового перетворювача 5 та вводить це зображення в цифрову ЕОМ 6.

25 Цифрова ЕОМ 6 нормує амплітуду відеосигналу зображення об'єкта 1 вимірювань відносно максимально можливого значення і обчислює похідну від нормованої амплітуди відеосигналу в рядках і стовпцях цього зображення згідно з формулами (2) і (3). Після чого цифрова ЕОМ 6 знаходить максимальне значення  $A_{\max}$

цієї похідної для зображення об'єкта вимірювань. Після цього цифрова ЕОМ 6 визначає частотну характеристику пристрою 2 формування зображень на основі максимального значення похідної від нормованої амплітуди відеосигналу за формулою (11).

Після чого цифрова ЕОМ 6 виконує відновлення зображення об'єкта вимірювань, яке містить динамічні викривлення, що виникли в процесі його формування, шляхом застосування до нього цифрового фільтра з частотною характеристикою, що є оберненою до частотної характеристики пристрою 2 формування зображень (див. формулу (12)).

В результаті отримуємо в цифровій ЕОМ 6 відновлене зображення об'єкта 1 вимірювань.

За допомогою пристрою для відновлення зображень було проведено ряд досліджень. як об'єкт 1 вимірювань використовувалися тестові зображення прямокутника та еліпса з випадково вибраними геометричними параметрами (фіг. 2 і 3), а також зображення поверхні зразків граніту з Покостівського родовища Житомирської області (фіг. 4). Вимірювання геометричних параметрів структурних елементів поверхні таких зразків необхідні для оцінки якості природного каменю, що видобувається з родовища, та промислових виробів з цього природного каменю [7].

як пристрій 2 формування зображень використовувався цифровий фотоапарат Sony Cyber-Shot DSC-H9, цифрової ЕОМ 6 - персональний комп'ютер Pentium 4-1,7 ГГц. Розмір зображень дорівнював 2048x1536 дискретних точок, глибина кольору (кількість рівнів квантування) - 8 дискретних рівнів. Співвідношення сигнал/шум для зображень дорівнювало 55 дБ. В результаті досліджень об'єктів 1 вимірювань, наведених на фіг. 2, 3 і 4 визначено похибки вимірювань геометричних параметрів, що наведені в таблиці.

Таблиця

Похибки вимірювань геометричних параметрів

Спосіб відновлення зображень	Максимальна відносна похибка вимірювань, %		
	координат контурів	лінійних розмірів	площі
При співвідношенні сигнал/шум 55 дБ для зображення та співпадінні частотних характеристик ПФЗ $H(\omega_1, \omega_2)=H_1(\omega_1, \omega_2)$			
1. Зображення без відновлення	0,9	1,8	0,4
2. Відновлення за способом-прототипом	0,4	0,8	0,2
3. Відновлення за способом-винаходом	0,4	0,8	0,2
При співвідношенні сигнал/шум 55 дБ для зображення та неспівпадінні частотних характеристик ПФЗ $H(\omega_1, \omega_2)$ і $H_1(\omega_1, \omega_2)$ на 20 % (відносно параметра $\sigma_{ПФЗ}$ )			
1. Зображення без відновлення	0,9	1,8	0,4
2. Відновлення за способом-прототипом	0,7	1,4	0,3
3. Відновлення за способом-винаходом	0,5	0,9	0,2

Таким чином, спосіб-винахід забезпечує підвищення якості відтворення контурів об'єктів вимірювань і, як наслідок, суттєве підвищення у (1,4...1,5) рази точності вимірювальної інформації про геометричні параметри цих об'єктів вимірювань.

Література:

1. Цифровое кодирование телевизионных изображений / Под ред. И.И. Цуккермана. - М.: Радио и связь, 1981. - 240 с.
2. Претт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. - М.: Мир, 1981.-792 с.
3. Кононов В.И., Федоровский А.Д., Дубинский Г.П. Оптические системы построения изображений. - К.: Техніка, 1981. - 134 с.
4. Бахвалов Н.С, Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы : учебное пособие для вузов. - 6-е изд. М : Бином, 2008. - 636 с.
5. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов / М.М. Мирошников. - 2-е изд. - Л. : Машиностроение, 1983. -696 с.
6. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс. - М. : Вильяме, 2004. - 928 с.

7. Спосіб контролю зовнішнього вигляду поверхні виробів з лицювального каменю: Патент України на винахід 71412 А МПК7 G01 B7/00 / Є.С. Купкін, Ю.О. Подчашинський (Україна); Державний департамент інтелектуальної власності. - № 20031212802; Заявл. 28.12.03; Опубл. 15.11.04. Бюл. № 11. - 3 с.

5

## ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

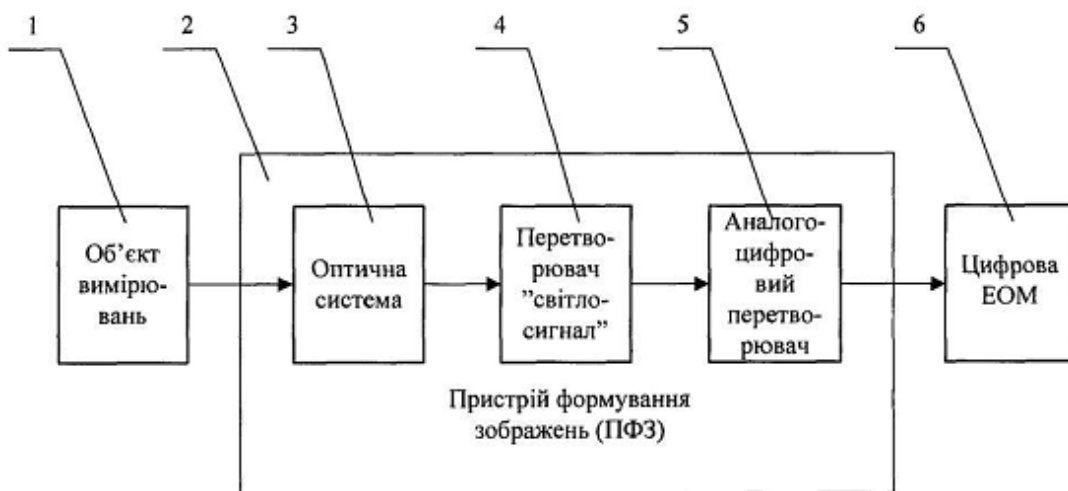
Спосіб відновлення зображень, що містять вимірювальну інформацію про геометричні параметри об'єктів вимірювань, який включає формування зображення об'єкта вимірювань за допомогою оптичної системи та перетворювача "світло-сигнал" пристрою формування зображень (ПФЗ), перетворення цього зображення в цифрову форму та його введення в цифрову електронну обчислювальну машину (ЕОМ), та відновлення зображення об'єкта вимірювань з динамічними викривленнями, що виникли в процесі його формування, за допомогою цифрового фільтра з частотною характеристикою, що є оберненою до частотної характеристики ПФЗ, який **відрізняється** тим, що після введення зображення об'єкта вимірювань в цифрову ЕОМ нормують амплітуду відеосигналу цього зображення відносно його максимально можливого значення і обчислюють похідну від нормованої амплітуди відеосигналу в рядках і стовпцях цього зображення, потім серед усіх обчислених значень знаходять максимальну величину цієї похідної і з її урахуванням визначають частотну характеристику ПФЗ, після чого виконують відновлення зображення об'єкта вимірювань.

10

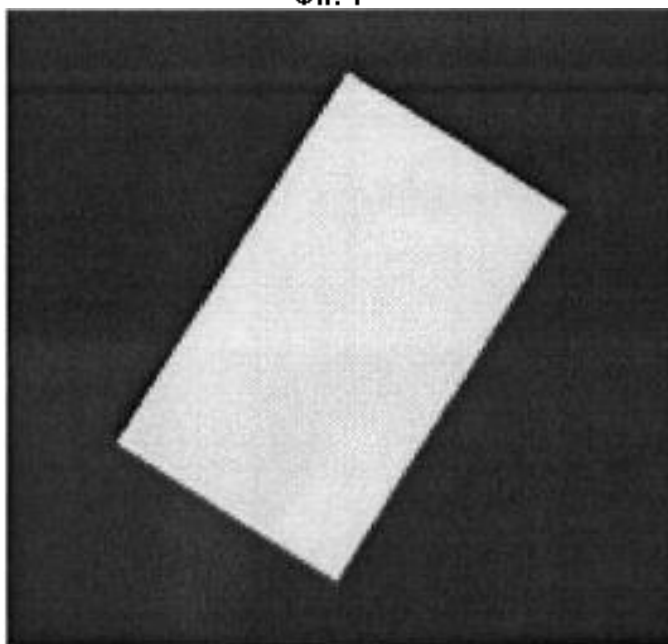
15

20

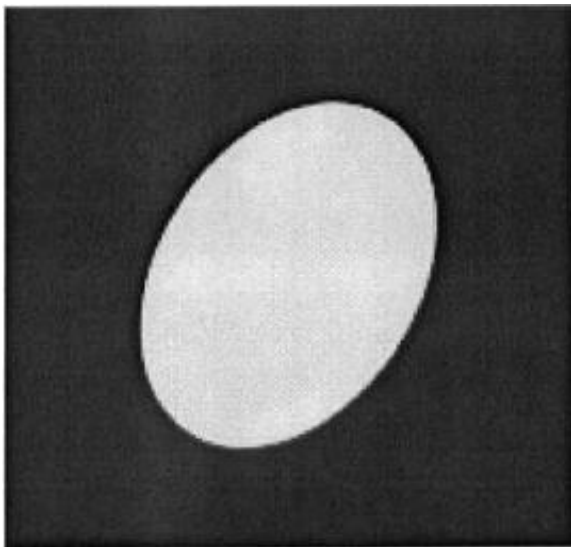




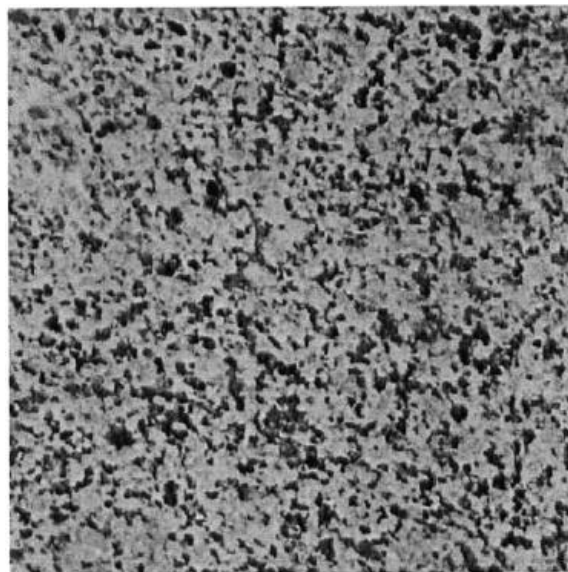
Фіг. 1



Фіг. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601