

связь, 1990. –264 с.

3. Осадчук О.В. Мікроелектронні частотні перетворювачі на основі транзисторних структур з від'ємним опором / О.В. Осадчук. –Вінниця: «Універсум-Вінниця», 2000. – 303 с.

4. Осадчук В.С. Реактивные свойства транзисторов и транзисторных схем / В.С. Осадчук, А.В. Осадчук. -Вінниця: «Універсум-Вінниця», 1999. - 275с.

5. Патент на корисну модель №83356 України, МПК G01R 31/315. Вимірювач тиску з активним індуктивним елементом / Осадчук В.С., Осадчук О.В., Осадчук Я.О. Заявка № u201300303; Заяв. 09.01.2013; Пр. 18.04.13. Опубл.10.09.13 Бюл.17.

6. Патент на корисну модель №87762 України, МПК H01R 19/00. Мікроелектронний сенсор тиску / Осадчук В.С., Осадчук О.В., Осадчук Я.О. Заявка на винахід №u201214140 від 11.12.12 Пр. 26.03.13 Опубл.25.02.14 Бюл.4

#### References

1. Novitsky P.V. Digital devices with frequency sensors / P.V. Novitsky, V. Knoring, V.S. Gutnikov. - Leningrad: Energy, 1970. - 424 p.

2. Vikulin I.M., Stafeyev V.I. Physics of semiconductor devices / I.M. Vikulin, V.I. Stafeyev // –M.: Radio and communication, 1990. - 264 P.

3. Osadchuk A.V. Microelectronic frequency transducers based on the transistor structures with negative resistance / A.V. Osadchuk / Vinnitsa, "Universum-Vinnitsa", 2000. – 303 P.

4. Osadchuk V.S. Reactive properties of transistors and transistor circuits / V.S. Osadchuk, A.V. Osadchuk // -Vinnitsa "Universum-Vinnitsa", 1999. - 275s.

5. Patent for useful model № 83356 Ukraine, IPC G01R 31/315. Pressure meter with active inductive element / Osadchuk V.S., Osadchuk A.V., Osadchuk I.A. Application № u201300303; Statement. 09.01.2013; Tr. 18/04/13. Opubl.10.09.13 Byul.17.

6. Patent for useful model №87762 83356 Ukraine, IPC G01R 31/315. Mikroelektronny sensor pressure / Osadchuk V.S., Osadchuk A.V., Osadchuk I.O. Application №u201214140; Statement. 12.11.12; Tr. 03.26.13 Opubl.25.02.14 Byul.4.

Рецензія/Peer review : 22.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією

**УДК 621. 317**

**А.А. ТРОЦ**

Університет «Україна», м.Київ, Україна

## МЕТОД КОНТРОЛЮ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ

*Подані основні положення методу контролю компонентного складу газових технологічних середовищ на основі розробленої теорії виникнення матеріальної енергетичної надлишковості та її розвитку при прагненні до рівня середовища. Розглянута теоретична необхідність введення прогресуючого простору як основного при викладенні теорії методу.*

*Метод контролю дозволяє описати термодинамічний стан об'єкту регулювання на основі опису всього комплексу енергетичних станів взаємодії його параметрів в єдиній системі контролю, що в свою чергу дозволяє здійснювати контрольно-регулюючу дію на об'єкт регулювання в рамках заданої точності.*

*Ключові слова: метод контролю; прогресуючий простір; евклідов простір; оператор переходу.*

A.A. TROTS

University "Ukraine", Kyiv, Ukraine

## QUALITY MONITORING OF COMPONENTAL STRUCTURE OF GAS TECHNOLOGICAL ENVIRONMENTS

*The basic position control method of gas component composition process fluids based on material developed theory of power redundancy and its development in the pursuit of environment. The theoretical need to introduce progressive space as the main method in the presentation of the theory.*

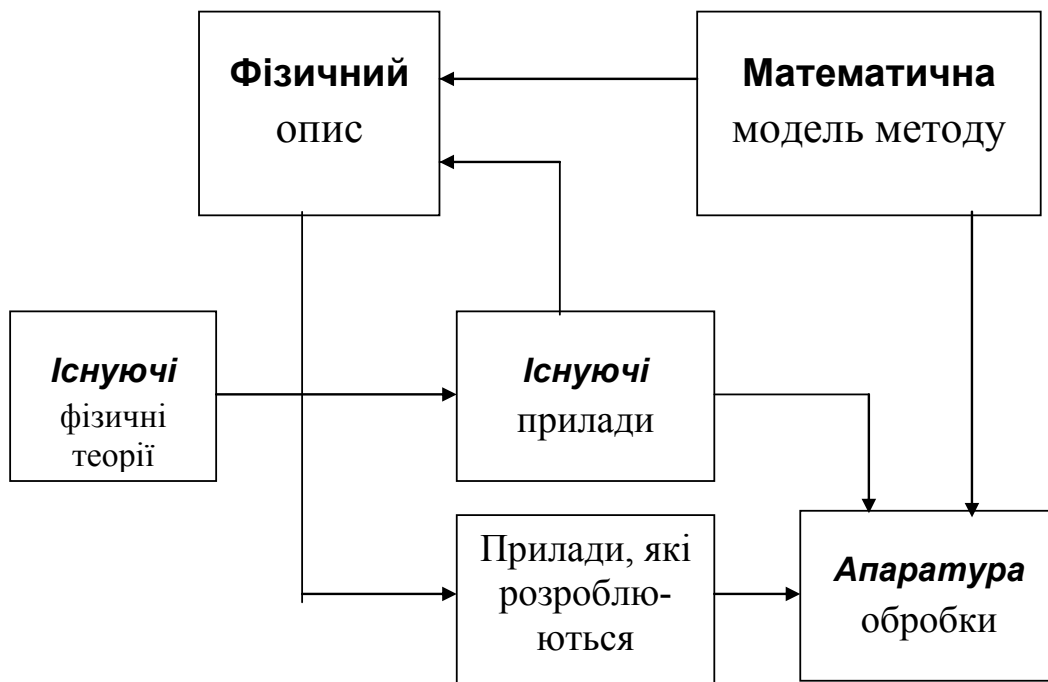
*Control method can describe the thermodynamic state of produce from the description of the whole complex interaction energy states its parameters in a single control system, which in turn allows the control and regulating effect on the object of regulation within a prescribed accuracy.*

*Key words: control method; progressive space; Euclidean space; transition operator.*

### Вступ

В теорії і практиці багатокомпонентного газового аналізу одним із основних завдань при створенні математичної моделі процесу є адекватне відображення реального процесу взаємодії окремих компонентів в єдиній термодинамічній системі з метою найбільш повного опису окремого технологічного процесу в рамках заданої точності та максимальної автоматизації процесу контролю. Для вирішення поставленої задачі найвірніше використання загальнофізичних методів, так як процес утворення оптимального технологічного середовища пов'язаний з комплексом технічних засобів контролю. Засоби контролю, взагалі, інформативно базуються на перетворенні енергії різноманітних фізичних ефектів і явищ в конкретно визначений інформативний сигнал, який потребує додаткової автоматизованої обробки для

забезпечення контрольно-регулюючої дії на об'єкт регулювання. Цим умовам задовольняють методи контролю, що забезпечують задану точність виміру параметру і дозволяють діяти на об'єкт регулювання заданими технічними засобами при умові зображення заданої точності.



#### Постановка задачі

В практиці газового аналізу, особливо багатокомпонентного газового аналізу, реалізуються методи аналізу і в подальшому контролю, основані на теорії газової динаміки і в особливих випадках газової термодинаміки. [1,2] Однак, такі методи носять загальний характер і потребують для кожного конкретного випадку пратичного газового аналізу і вимагають введення різних, емпірично визначених, коефіцієнтів і спрощень. [3]. Так, наприклад, задана точність контролю визначається ступенем врахування випадкових впливів на об'єкт регулювання, яка залежить від конкретної математичної моделі процесу регулювання. [4]. Запропонована математична модель базується на визначенні мінімальної регулюючої дії, яка основана на інформативних можливостях технічного забезпечення, що використовується, кожного конкретного процесу контролю.

**Мета роботи** – створення оптимального алгоритму контролю компонентного складу газового технологічного середовища теплових агрегатів на основі запропонованого методу контролю багатокомпонентних газових технологічних середовищ, що базується на структурній побудові взаємозв'язків системи “об'єкт контролю-вимірювальна система-об'єкт контролю”(ОК-ВС-ОК), як цілісного об'єкту, в рамках розробленої теорії виникнення матеріальної енергетичної надлишковості та її розвитку при рагненні до рівня середовища.

#### Реалізація методу контролю

В загальному випадку об'єкт контролю (ОК) знаходиться під впливом системи вхідних компонентів  $[P_n]$ , системи зовнішніх випадкових неконтрольованих збуджень і системи регулювання. Цей вплив викликає реакцію ОК у вигляді зміни внутрішніх параметрів  $[Q_m]$ . [5].

Система контролю (СК) енергетично з'єднана з ОК системою каналів „виходу-входу” і знаходиться під впливом системи своїх неконтрольованих зовнішніх випадкових збуджень і системи корегування (налагодження) працездатності у заданих діапазонах зміни своїх внутрішніх параметрів  $[P_k^{СК}]$  як причини, що викликає появу вихідних параметрів  $[Q_l^{СК}]$  як наслідку зміни стану СК.

При взаємодії ОК-СК як системи контролю відкритого типу отримані матриці параметрів вихідних сигналів  $[Q_l^{СК}]$  подаються на подальшу обробку і не впливають на ОК.

При взаємодії ОК-СК-ОК як системи контролю закритого типу отримані матриці параметрів вихідних сигналів  $[Q_l^{СК}]$  поступають на вхід системи регулювання, таким чином змінюючи стан ОК (рис. 1.)

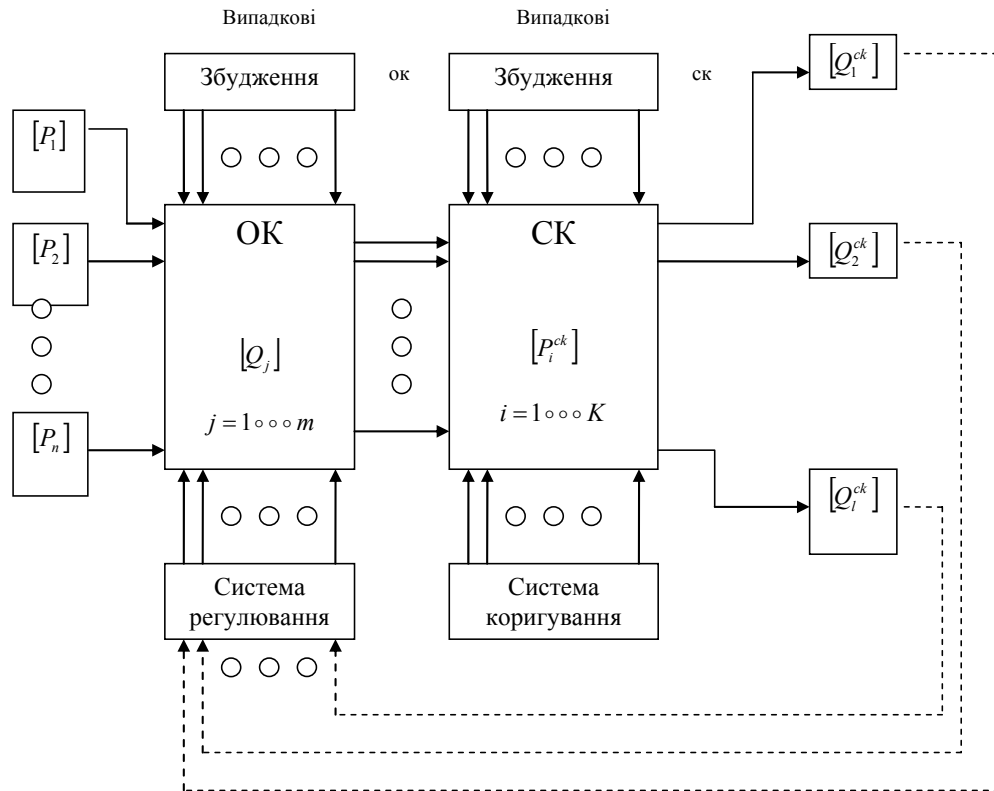


Рис. 1. Блок-схема методу контролю, де:  $[P_1], \dots, [P_n]$  - матриці вхідних параметрів компонентів, що впливають на об'єкт контролю (ОК) (причина зміни ОК);  $[Q_j], j = 1, \dots, m$  - матриця реакції ОК на вхідні компоненти (наслідок впливу причини на ОК);  $[P_i^{CK}], i = 1, \dots, k$  - матриця параметрів системи контролю (СК), зміна яких викликана впливом ОК (причина поведінки СК);  $[Q_\xi^{CK}], \xi = 1, \dots, l$  - матриці вихідних параметрів СК (наслідки взаємодії ОК-СК)

Метод контролю полягає у визначенні параметрів спільного поля (об'єму) прогресуючих просторів  $\Pi_i, i = 1, \dots, p$  (де  $p$  - кількість всіх систем у відповідності до Рис. 1.) своїх максимальних кількостей станів. [6].

### Методика експериментального визначення виду ДРПНЗ

1. Експериментальним шляхом отримуємо експериментально точну графічну залежність  $P(q)$  на основі багатоциклових замірів. Після цього на основі подальшої статистичної обробки експериментальних даних отримуємо загальний вигляд графічної залежності  $P(q)$  (Рис. 2.).

2. Розбивши графіки  $P(t)$  і  $q(t)$  на інтервали  $\Delta t^i$  (Рис. 3.), комп'ютерним шляхом по методиці п. 1.3. визначаємо спектр похідних від  $P_i^{(0)}$  до  $P_i^{(k)}$  та для  $q$  від  $q_i^{(0)}$  до  $q_i^{(n)}$  на кожному інтервалі  $\Delta t_i$  для всіх  $i = 1, m$ .

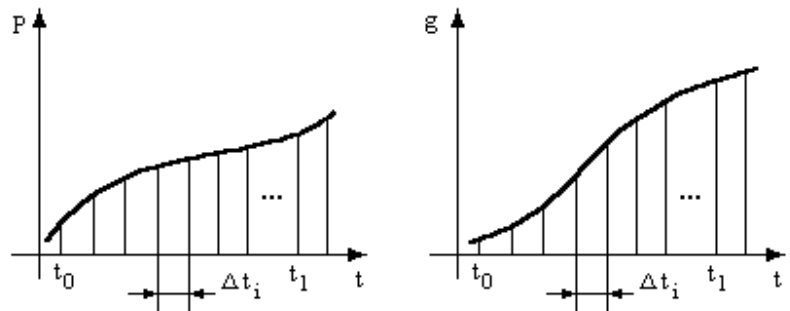


Рис. 2. Види графічних експериментальних залежностей  $P(g)$

Записуємо загальні вигляди диференціальних рівнянь причина-наслідок зв'язків (ДРПНЗ) для кожного із  $m$  інтервалів  $\Delta t_i, i = 1, m$ , де  $K_j^i, j = 1, n, i = 1, m$  та  $\alpha^i, i = 1, m$  будуть невідомими.

3. В даному випадку ДРПНЗ має вигляд:

$$\begin{cases} K_n^1 P_1^{(n)} + K_{n-1}^1 P_1^{(n-1)} + \dots + K_j^1 P_1^{(j)} + \dots + K_1^1 P_1^{(1)} + K_0^1 P_1 = \alpha_n^1 q_1^{(n)} t^n \\ \vdots \\ K_\xi^i P_i^{(\xi)} + K_{\xi-1}^i P_i^{(\xi-1)} + \dots + K_j^i P_i^{(j)} + \dots + K_1^i P_i^{(1)} + K_0^i P_i = \alpha_n^i q_1^{(n)} t^n \\ \vdots \\ K_\mu^m P_m^{(\mu)} + K_{\mu-1}^m P_m^{(\mu-1)} + \dots + K_j^m P_m^{(j)} + \dots + K_1^m P_m^{(1)} + K_0^m P_m = \alpha_\mu^m q_m^{(\mu)} t^\mu \end{cases}$$

Тут надалі  $n = \max$  із  $n \dots \xi \dots \mu$ .

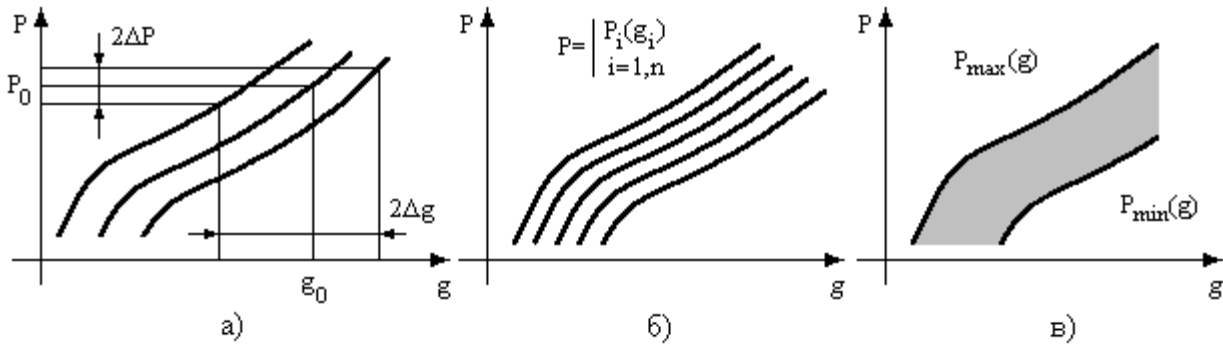


Рис. 3. Розбивка графіків  $P(t)$  і  $g(t)$  на рівні інтервали  $\Delta t_i$  на відрізку часу  $[t_0; t_1]$ .

Записуємо отримані залежності у матричному вигляді:

$$\begin{bmatrix} K_n^1 \dots K_\xi^1 \dots K_\mu^1 \dots K_j^1 \dots K_1^1 \dots K_0^1 \\ \vdots \\ 0 \dots K_\xi^i \dots K_\mu^i \dots K_j^i \dots K_1^i \dots K_0^i \\ \vdots \\ 0 \dots 0 \dots K_\mu^m \dots K_j^m \dots K_1^m \dots K_0^m \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} P_1^{(n)} \dots P_1^{(\xi)} \dots P_1^{(\mu)} \dots P_1^{(j)} \dots P_1^1 \dots P_1^0 \\ \vdots \\ 0 \dots P_i^{(\xi)} \dots P_i^{(\mu)} \dots P_i^{(j)} \dots P_i^1 \dots P_i^0 \\ \vdots \\ 0 \dots 0 \dots P_m^{(\mu)} \dots P_m^{(j)} \dots P_m^1 \dots P_m^0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_n^1 \\ \vdots \\ \alpha_\xi^i \\ \vdots \\ \alpha_\mu^m \end{bmatrix} * t^{\begin{bmatrix} n \\ \vdots \\ \xi \\ \vdots \\ \mu \end{bmatrix}} * \begin{bmatrix} q_1^{(n)} \\ \vdots \\ q_i^{(\xi)} \\ \vdots \\ q_m^{(\mu)} \end{bmatrix}$$

де  $n > \xi > \mu > j > 1 > 0$ .

4. В результаті ми отримали матричне рівняння з трьома невідомими:  $[K_i^{(j)}]$ ,  $[\alpha_j^i]$  для  $i=1, m$   $j=0, n$  і  $t$ .

5. Для отримання розв'язання використаємо методику експоненційної апроксимації. Тоді основне матричне рівняння має вигляд:

$$e^2 \begin{bmatrix} \frac{P_1^n}{n!} \dots \frac{P_1^\xi}{\xi!} \dots \frac{P_1^\mu}{\mu!} \dots \frac{P_1^j}{j!} \dots P_1 \dots 1 \\ \vdots \\ 0 \dots \frac{P_i^\xi}{\xi!} \dots \frac{P_i^\mu}{\mu!} \dots \frac{P_i^j}{j!} \dots P_i \dots 1 \\ \vdots \\ 0 \dots 0 \dots \frac{P_m^\mu}{\mu!} \dots \frac{P_m^j}{j!} \dots P_m \dots 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_c^1 \\ \vdots \\ \alpha_\xi^i \\ \vdots \\ \alpha_\mu^m \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} q_1^{(n)} \\ \vdots \\ q_i^{(\xi)} \\ \vdots \\ q_m^{(\mu)} \end{bmatrix} * t^{\begin{bmatrix} n \\ \vdots \\ \xi \\ \vdots \\ \mu \end{bmatrix}}$$

де  $P_1 \dots P_i \dots P_m$  - експериментальні значення  $P_i(t)$  для кожного із  $m$  інтервалів часу  $\Delta t_i, i=1, m$ . Із п.7. знаходимо  $K_i^j$ .

6. Для отримання третього рівняння для  $t$  скористаємося методикою із п.10. На основі п.7. маємо

$$e^{t_c} = t_c^n$$

або

$$e^{\begin{bmatrix} t_{cn} \\ \vdots \\ t_{c\xi} \\ \vdots \\ t_{c\mu} \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} t_{cn} \\ \vdots \\ t_{c\xi} \\ \vdots \\ t_{c\mu} \end{bmatrix}^{\begin{bmatrix} n \\ \vdots \\ \xi \\ \vdots \\ \mu \end{bmatrix}}$$

де  $t_{c1}, \dots, t_{c\xi}, \dots, t_{cm}$  - стала часу для кожного із  $m$  інтервалів часу  $\Delta t_i, i = 1, m$

7. Тоді  $t$  дорівнює:

$$t = \begin{bmatrix} t_{c1} \\ \vdots \\ t_{c\xi} \\ \vdots \\ t_{cm} \end{bmatrix}$$

8. Для розв'язання системи із трьох рівнянь скористаємось пакетом програм комп'ютерних розрахунків, визначивши таким чином невідому  $[\alpha_j^i]$ .

Таким чином визначимо повну матричну залежність для контролю конкретної певної кількості параметрів, що впливають на конкретний технологічний процес, у визначеному діапазоні зміни цих параметрів. При цьому, контроль параметрів здійснюється по реакції самого технологічного процесу на вплив на нього цих вхідних параметрів.

Таким чином, умовою контрольованості даного ОК заданою СК є умова:

$$P_{\kappa} \neq 0.$$

Тобто, наявність відємної від нуля площини перетину всіх прогресуючих полів станів всіх систем, що входять в блок-схему методу контролю. [7,8].

### Висновки

Метод контролю дозволяє описати термодинамічний стан об'єкту регулювання на основі опису всього комплексу енергетичних станів взаємодії його параметрів в єдиній системі контролю, що в свою чергу дозволяє здійснювати контроль-регулюючу дію на об'єкт регулювання в рамках заданої точності.

Необхідність розробки методу зумовлена необхідністю поєднання існуючих наукових підходів опису різних фізичних процесів для можливості аналізу приладом єдиної структури приладів (комплексу).

### Література

1. Таланчук П.М., Рущенко В.Т. Основы теории проектирования измерительных приборов: Учеб.пособие. – К.: Выща школа. Головное изд-во, 1989. – 454 с., ил.
2. А.Г. Конюхов. Метрологическое обеспечение в приборостроении. Аспекты управления. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 208 с., ил.
3. Методы синтеза нелинейных систем автоматического управления. Под ред. д.т.н., проф. С.М.Федорова. – М.: Наука, 1986. – 210 с.
4. Засоби вимірювання автоматичного зрівноваження: Навч.посібник. За ред. П.М. Таланчука. – К.: Либідь, 1994. – 288 с.
5. Троц А.А. Основы математического опису теорії Дірака-Реаліума. Нац.техн.ун-т України "Київ.політехн. ін-т", - Київ, 1995, - 38 с.: іл. – Бібліогр.: 5 назв. – Рос. – Деп. в ДНТБ України 20.12.95 № 130-Ук96.
6. Кокаровцев В.В., Троц А.А. Фізичні аспекти теорії Дірака-Реаліума. Нац.техн. ун-т України "Київ.політехн. ін-т", - Київ, 1995, - 50 с.: іл. – Бібліогр.: 6 назв. – Рос. – Деп в ДНТБ України 20.12.95 № 129-Ук96.
7. Таланчук П.М., Остафьев В.А., Троц А.А., Махмудов К.Г., Мирзаев А.А., Глушенко Ю.Б. Дифференциальное уравнение причинно-следственных связей. К.: Вестник КПИ. Приборостроение, - 1995. – В 25. – С. 3-19.
8. Троц А.А., Буряк В.Г., Глушенко Ю.Б. Причинно-следственные аспекты проектирования оснастки. Перспективные технологии, оснастка и методология подготовки производства. Научно-технический сборник / Под ред. проф. Румбешты В.А., Глоби А.В. – К.: ТОВ "Международ.фин. агенство", 1997. – С. 64-66.
9. Дружинин В.В., Кондоров Д.С. Системотехника. – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с, ил.
10. Розенталь И.Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. - М.: Наука, 1984. – 112 с.
11. Бояринов В.А., Рущенко В.Т. Синтез математической модели средств измерений индуктивным методом самоорганизации на ЭВМ // Вестн. Киев. политехн. ин-та. Приборостроение. – К.: 1985. – Вып. 15. – С. 37.

### References

1. Talanchuk PM, Ruschenko VT Fundamentals of the theory of instruments measuring Designing: Ucheb.posobyie. - K.: Vyshcha school. Of the Main Publishing House, 1989. - 454 p., Il.
2. AG Grooms. Metrolohycheskoe Provision in pryborostroenny. Aspects management. - M.: Izd standartov, 1990. - 208 p., Il.
3. Methods of synthesis of nonlinear systems Automatic management. Ed. prof. S.M.Fedorova. - M.: Nauka, 1986. - 210 p.
4. Measuring means automatic balancing: Navch.posibnyk. Ed. PM Talanchuk. - K.: Lybed, 1994. - 288 p.
5. AA Trots Fundamentals of mathematical description of the Dirac theory-Realiuma. Nats.tehn.un t-Ukraine "Kyyiv.politehn. Inst "- Kyiv, 1995. - 38 p.: ill. - Ref.: 5 items. - Ross. - Dep. DNTB in Ukraine 20.12.95 № 130 Uk96.

6. Kokarovtsev VV, AA Trots The physical aspects of the theory of the Dirac-Realiuma. Nats.tehn. University of Ukraine "Kyiv.politehn. Inst "- Kyiv, 1995. - 50 p. : ill. - Ref. : 6 items. - Ross. - Dep DNTB in Ukraine 20.12.95 № 129-Uk96.
7. Talanchuk PM, Ostafievo VA, AA Trots, Makhmudov KG, Myrzaev AA Glushenko YB Dyfferentsyonalnoe equation of cause and sledstvennyh relationships. K. : Journal KPI. Pryborostroenye - 1995 - B 25 - P. 3-19.
8. TrotsA.A., Beet VG Glushenko YB Cause-sledstvennye aspects Designing equipment. Perspektivnyye technologies, tools and Methodology Preparation of production. Scientific and tehnycheskyy sbornik / Ed. prof. Rumbeshtы VA, Globa AV - C. : LLC "Mezhdunar.fyn. agency ", 1997. - P. 64-66.
9. Druzhynyn VV Kondorov DS Systemotekhnika. - M. : Radio and Communications, 1985. - 200 pp, Ref.
10. Rosenthal IL Elementarnyye particles and the structure of the universe. - M. : Nauka, 1984. - 112 p.
11. Boyarynov VA, VT Ruschenko Synthesis Mathematical models funds ynduktyvnyym measurements by self-organization on computers // Vestn. Kiev. polytehn. in-and out. Pryborostroenye. - K., 1985. - Vol. 15. - P. 37.

Рецензія/Peer review : 21.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією

**УДК 681.7**

**В.Г. КОЛОБРОДОВ, О.М. ЯВДОЩАК**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## **МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ МОДУЛЯЦІЙНОЇ ПЕРЕДАВАЛЬНОЇ ФУНКЦІЇ КАМЕРИ З МАТРИЧНИМ ПРИЙМАЧЕМ ВИПРОМІНЮВАННЯ**

*Метою статті є удосконалення методу похилої півплощини для вимірювання модуляційної передавальної функції (МПФ) цифрової камери. Метод похилої півплощини полягає в формуванні зображення границі перепаду інтенсивності, напрямком якої складає невеликий кут з напрямком стовпців матричного приймача випромінювання. Таким чином вертикально орієнтований край (вздовж стовпців приймача) дозволяє отримати горизонтальну функцію розсіювання лінії на приймачі випромінювання. В такому випадку відгук кожного рядка формує різні величини функції розсіювання краю через різні значення фази. Визначено, що метод похилої півплощини дозволяє швидко отримати МПФ камери з матричним приймачем випромінювання, використовуючи одне зображення.*

*Ключові слова:* цифрова камера, модуляційна передавальна функція, функція розсіювання краю

V.G. KOLOBRODOV, O.M. YAVDOSHCYAK

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

## **MODULATION TRANSFER FUNCTION MEASUREMENT FOR DIGITAL CAMERAS WITH MATRIX ACTIVE PIXEL SENSOR**

*Abstract - The article's subject is to review and analysis of the slanted edge method for the digital camera's modulation transfer function. The inclined half-plane method consists of modeling image of intensity difference edge. Direction of this edge is a small angle with the direction of the columns of the camera's matrix detector. Thus vertically oriented edge (along the column receiver) provides a horizontal line spread function on the receiver. In this case, the results of each line will provide various edge spread functions because of different phase values. The analysis result is that the slanted edge method allows to perform quickly measurement of modulation transfer function by a single image.*

*Keywords:* digital camera, modulation transfer function, edge scattering function.

### **Вступ**

Якість зображення є однією з найголовніших характеристик сучасних камер. Модуляційна передавальна функція (МПФ) традиційно найчастіше вживається для оцінювання якості отриманого зображення, оскільки є прямим і найбільш точним параметром якості [1]. МПФ відображає контраст зображення камери на різних просторових частотах. Традиційні методи вимірювання МПФ спочатку були розроблені для приладів з формуванням безперервних зображень. У випадку застосування цих методів для сучасних цифрових камер виникають значні похибки вимірювання [2]. Також результати МПФ можуть залежати від обраного методу (використання синусоїдальної або штрихової міри, щілини або методу Фуко). Перед застосуванням методу вимірювання МПФ потрібно всебічно розглянути, проаналізувати його переваги і недоліки та порівняти з іншими методами.

### **Постановка задачі**

Метою статті є удосконалення методу вимірювання МПФ цифрової камери за допомогою похилої півплощини шляхом аналізу методу, оцінки його переваг і недоліків, можливістю застосування для отримання МПФ камери з матричним приймачем зображення, порівняння з іншими методами вимірювання МПФ.

### **Визначення МПФ**

Зображення окремої точки ніколи не може бути нескінченно малою точкою. Навіть якщо оптична система не має аберацій, зображення точки представляє собою пляму розсіювання через дію дифракції на діафрагмі, що обмежує апертуру оптичної системи [1]. Математично розподіл інтенсивності в зображенні ізольованої точки описується функцією розсіювання точки  $A(x', y')$ .

Поняття функції розсіювання поширюють і на розподіл освітленості  $A(y')$  в зображенні лінії. Зображення нескінченно довгої лінії може бути отримано сумуванням нескінченної кількості точок, розташованих уздовж неї і називається функцією розсіювання лінії (ФРЛ)

$$A_x(x') = \int_{-\infty}^{\infty} A(x', y') dy'$$