

УДК 681.325.2

І.В. МУСІЙЧУК

## ОЦІНЮВАННЯ АПАРАТНИХ ВИТРАТ НА РЕАЛІЗАЦІЮ ОПТОЕЛЕКТРОННОГО СТОРІНКОВОГО ПРИСТРОЮ ПОРІВНЯННЯ З ПЛАВАЮЧОЮ КОМОЮ

Вінницький національний технічний університет,  
21021, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна  
E-mail: irenkaua@o2.pl

**Анотація.** Стаття присвячена дослідженню оптимальної оптоелектронної бази для реалізації сторінкового пристрою порівняння з плаваючою комою на різній оптоелектронній елементній базі з оцінюванням апаратних затрат на його реалізацію.

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию оптимальной элементной базы для реализации оптоэлектронного страничного устройства сравнения с плавающей запятой с оценением аппаратных затрат на его реализации.

**Abstract.** The article is devoted to optimal components investigation for optoelectronic page comparator with floating point implementation with the evaluation of its hardware costs.

**Ключові слова:** оптоелектронний сторінковий пристрій порівняння, структурна схема, транспаранти, пристрій з повним набором логічних операцій.

### ВСТУП

Останнім часом інтенсивно досліджуються оптичні методи і засоби паралельної обробки зображень, до яких в першу чергу відносять оптоелектронні процесори. Одним із основних функціональних вузлів оптоелектронних процесорів є пристрій для порівняння зображень. Оптоелектронні пристрої для порівняння мають два паралельні оптичні входи, на які подаються зображення у вигляді матриць, що порівнюються, і оптичний вихід, на якому формується вихідне зображення, у вигляді бінарної матриці (результат порівняння). Завдяки відсутності процесу сканування, порівняння зображень виконується за один такт, тобто час порівняння не залежить від розмірності зображень, а залежить лише від швидкодії обраної елементної бази [1].

Оскільки порівняння зображень повинно виконуватися в реальному часі, виникає необхідність визначення оптимальної елементної бази для існуючих пристроїв порівняння. Крім того, в сучасних умовах такі пристрої повинні задовольняти вимогам надвисокої продуктивності та цифрової точності. Відомі пристрої [1, 2] порівняння зображень не можуть повністю задовольнити зазначеним вимогам, а тому в роботі [3] було запропоновано сторінковий пристрій з плаваючою комою, що працює в реальному часі та функціонує відповідно до цифрового способу обробки. Крім того, пристрій має розширений діапазон подання вхідних даних, оскільки працює з тривимірними масивами А і В, поданими у формі з плаваючою комою. На його два паралельні цифрові оптичні входи подаються розрядні зрізи тривимірних масивів даних, а з паралельного цифрового бінарного виходу отримується результат порівняння у вигляді бінарної матриці С, де  $c_{ij} = 1$ , якщо  $a_{ij} \leq b_{ij}$ ,  $c_{ij} = 0$ , якщо  $a_{ij} > b_{ij}$  ( $i, j = 1, N$ ).

Оптоелектронний сторінковий пристрій порівняння з плаваючою комою [3] вимагає подальшого дослідження, зокрема оцінювання апаратних витрат на рівні базових логічних елементів та вибір оптимальної елементної бази для його реалізації.

## СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ ОПТОЕЛЕКТРОННОГО СТОРІНКОВОГО ПРИСТРОЮ ПОРІВНЯННЯ З ПЛАВАЮЧОЮ КОМОЮ

В роботі [3] було представлено узагальнену структурну схему оптоелектронного сторінкового пристрою порівняння з плаваючою комою (рис. 1) та структурну схему його окремого блоку, а саме блоку порівняння мантис БПМ. Однак, щоб оцінити загальні апаратні витрати необхідно розкрити всі блоки пристрою. Оптоелектронний пристрій порівняння (рис. 1) складається з: паралельних матричних регістрів РгМ1, РгМ2 (рис. 2а) мантис операндів та РгП1, РгП2 (рис. 2б) обробки порядків; матричних комутаторів МКП1, МКП2 (рис. 3а) порядків та МКМ (рис. 3б) мантис; двох елементів НІ; матричної схеми порівняння МСП (рис. 4); матричного накопичувального суматора НСМП (рис. 5) порядків; блоку просторового зсуву БЗС мантис; комбінаційної схеми КС (рис. 6) матричного типу та блоку порівняння мантис БПМ. Розглянемо структурну схему кожного блоку окремо.

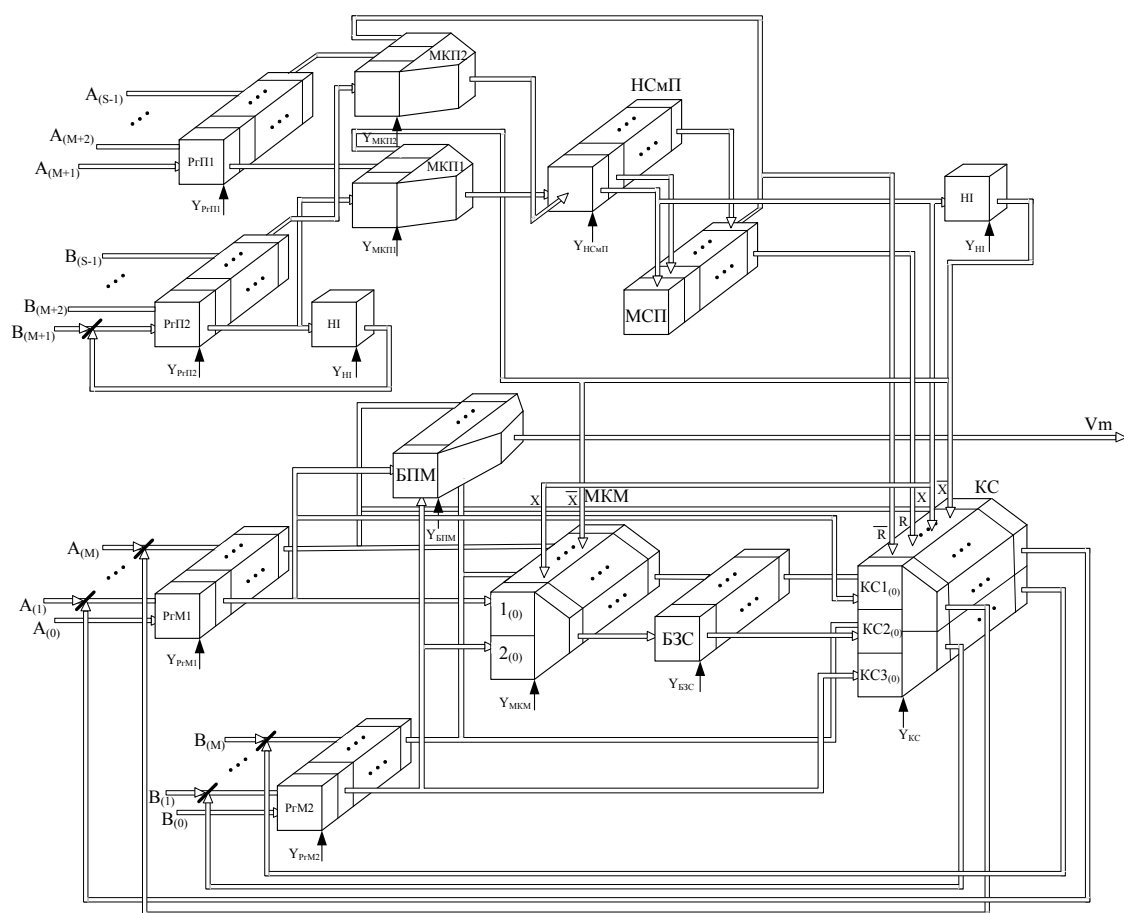


Рис. 1. Узагальнена структурна схема оптоелектронного сторінкового пристрою порівняння з плаваючою комою

Кожний функціональний блок пристрою побудований на трьох основних логічних елементах: І, НІ та АБО. Оскільки оптоелектронний сторінковий пристрій порівняння з плаваючою комою призначений для обробки тривимірних масивів інформації, то найбільш доцільним є використання в якості базових елементів просторово-часових модуляторів світла [4], тобто керованих транспарантів. Зокрема це стосується елементів І, в якості яких можна використовувати модулятори світла, та елементів НІ, що являтимуть собою інверсні модулятори світла. Що ж до елементів АБО, то в роботі пропонується використання світлооб'єднувальних призм з напівпрозорим дзеркалом [4], які містять по два бінарних матричних оптичних входи та матричний оптичний вихід. Крім того, до складу блоків входять затвори та дзеркала.

Блок порівняння мантис БПМ [3] складається з оптичних логічних матричних елементів І, що являють собою керовані транспаранти, НІ - інверсні керовані транспаранти, та АБО - призми, з різною кількістю входів.

Регістри, запропоновані в роботі [3], мають два типи: паралельний картинний реєстр для запису, збереження та паралельного зчитування мантис операндів (рис. 2а); та реєстр зсуву для запису,

збереження та послідовного зчитування порядків операндів, починаючи з молодшого (рис. 2б). Регістри мають відповідно  $(M+1)$  і  $(P+1)$  паралельних  $N \times N$  матричних входів та паралельний  $N \times N$  знаковий вихід, а також має  $M$  (для  $RgM1, RgM2$ ) паралельних виходів інформаційних розрядних зрізів ( $P3$ ), та один (для  $RgП1, RgП2$ ) паралельний  $N \times N$  матричний вихід молодшого інформаційного  $P3$ .

Блок  $3_1$  матричного накопичувального суматора НСМП порядків являє собою регістр зсуву з одним входом та одним виходом і складається з  $(2P+2)$  елементів І та  $(2P+2)$  елементів АБО. А блок  $3_2$  додатково містить  $P$  елементів АБО та  $P+1$  затворів. Крім того, в структурній схемі присутні елементи  $\oplus$  (сума за модулем 2), які в свою чергу складаються з двох інверсних транспарантів (елементів ІІ) та однієї призми (елемента АБО).

Блок просторового зсуву являє собою набір дзеркал і не містить логічних елементів, тому апаратними витратами на його реалізацію можна знехтувати.

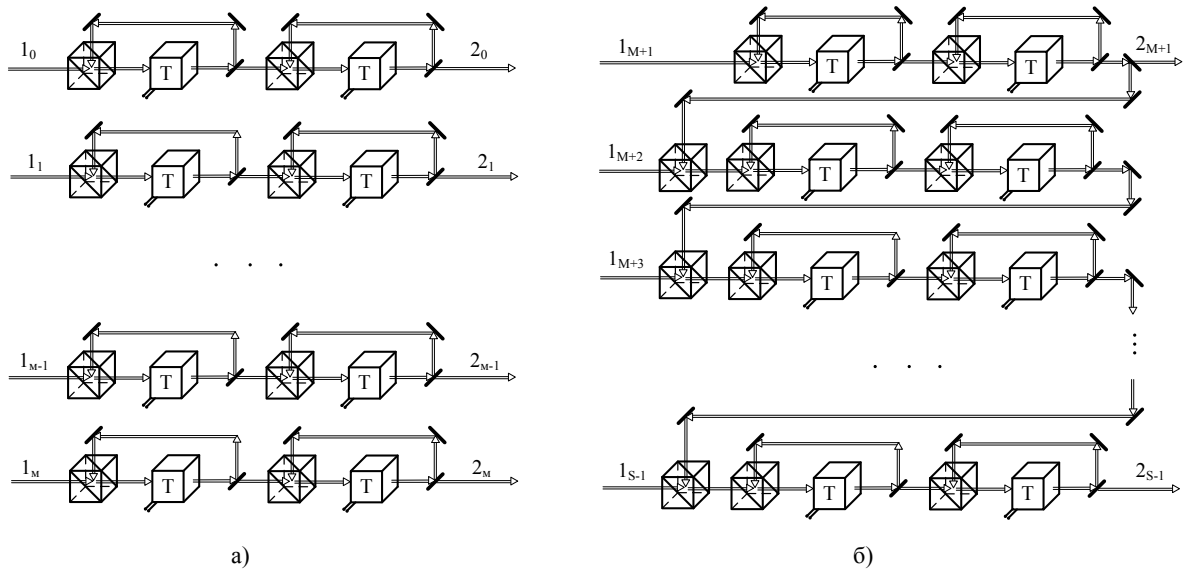


Рис. 2. Структурна схема регістра обробки мантис (а) та порядків операндів (б)

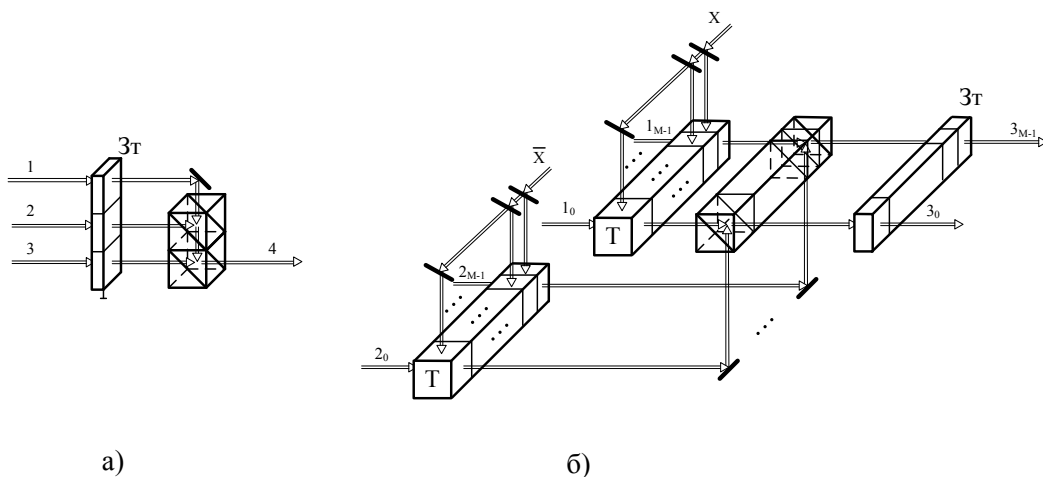


Рис. 3 – Структурна схема матричних комутаторів: порядків (а) та мантис операндів (б)

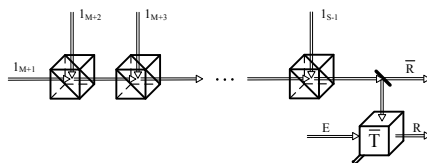


Рис. 4. Структурна схема матричної схеми порівняння (МСП)

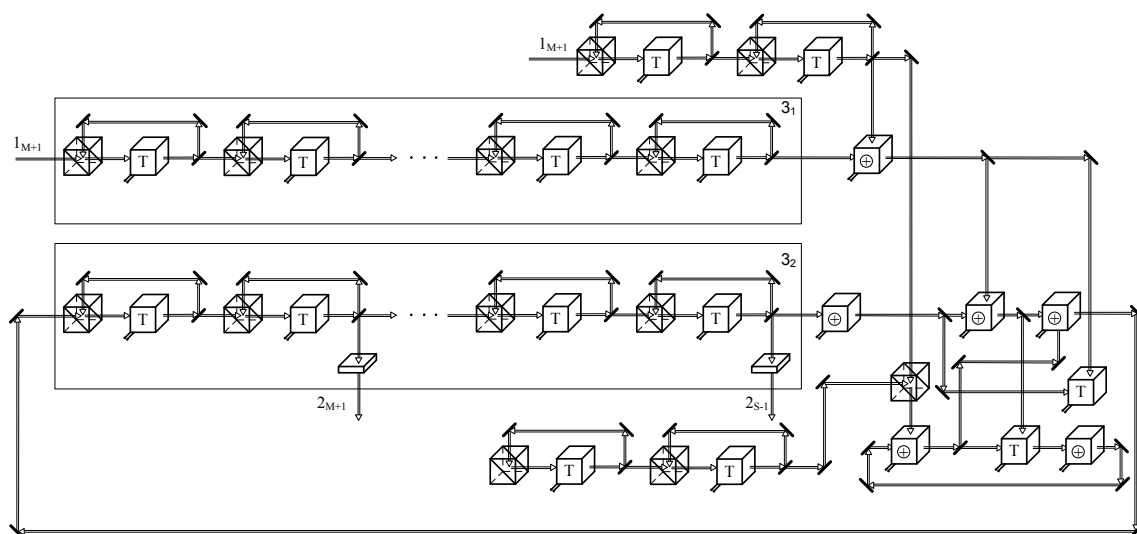


Рис. 5. Структурна схема матричного накопичувального суматора НСМП порядків

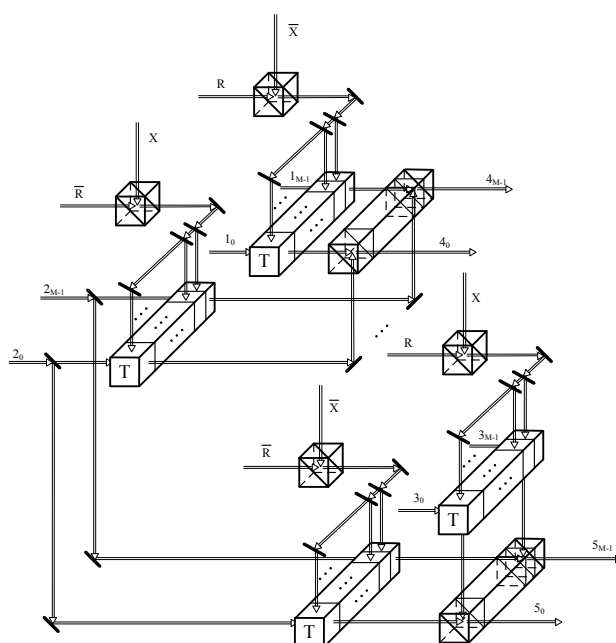


Рис. 6. Структурна схема комбінаційної схеми (КС) матричного типу

Кількість логічних елементів кожного блоку та пристрою загалом зведено до таблиці 1. В табл. 1 затвор вважається  $\frac{1}{2}$  елемента І, а дзеркалами нехтується, Р – це кількість розрядів, відведених на порядок числа з плаваючою комою, а М – кількість розрядів, відведених на його мантису.

Таблиця 1

**Апаратні витрати на реалізацію оптикоелектронного пристрою порівняння**

Назва блоку пристрою	Кількість елементів І	Кількість елементів АБО	Кількість елементів НІ
РгП1	$3P+3$	$3P+3$	0
РгП2	$3P+3$	$3P+3$	0
МКП1	1.5	2	0
МКП2	1.5	2	0
НСМП	$6P+8.5$	$6P+14$	12
МСП	0	P	1
НІ	0	0	2
РгМ1	$2M+2$	$2M+2$	0
РгМ2	$2M+2$	$2M+2$	0

(продовження табл. 1)

МКМ	$2M+M/2$	$M$	0
БЗС	0	0	0
КС	$4M+2$	$2M+2$	0
БПМ	$3M+\log_2 M$	$M(M+1)/2$	3M
$\Sigma$	$12P+13M+M/2+\log_2 M+22.5$	$12P+M^2/2+7M+M/2+29$	3M+15

З таблиці видно, що апаратна складність пристрою не залежить від розмірності вхідних даних, а лише від кількості розрядів, відведених на представлення вхідних даних у формі з плаваючою комою. Однак, виникає необхідність у виборі оптимальної елементної бази, яка б могла забезпечити функціонування пристрою при великорозмірних вхідних даних без додаткових апаратних витрат.

### ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ДЛЯ ОПТОЕЛЕКТРОННОГО СТОРІНКОВОГО ПРИСТРОЮ ПОРІВНЯННЯ З ПЛАВАЮЧОЮ КОМОЮ

Оскільки для оптоелектронного сторінкового пристрою порівняння з плаваючою комою найбільш доцільним є використання в якості базових елементів просторово-часових модуляторів світла, тобто керованих транспарантів, зупинимось детальніше на їх розгляді. В роботі [4] було зроблено порівняльний аналіз сучасних типів транспарантів та їх характеристик. Оскільки більший інтерес привертають швидкодія та максимальна розмірність транспаранта, наведемо їх в табл. 2.

Таблиця 2

#### Аналіз транспарантів за швидкодією та максимальною розмірністю

Тип транспаранта	Швидкодія, с	Максимальна розмірність, пікселів
Рідкокристалічний	$10^{-2}$	1000 x 1000
На основі електрооптичної кераміки	$10^{-7}-10^{-8}$	одиниці x одиниці
На феромагнітних матеріалах	$10^{-6}$	десятки x десятки
На монокристалічних сегнетоелектриках	до $10^{-9}$	одиниці x одиниці
Акустооптичний	$10^{-6}-10^{-7}$	сотні x сотні
Напівпровідниковий	$10^{-10}$	256 x 256

В роботах [4,5] було виявлено, що найкращими для оптоелектронних спеціалізованих обчислювальних систем майже за всіма параметрами є напівпровідникові транспаранти, які виграють за рахунок високої швидкодії (до  $10^{-10}$  с), високого ступеню інтеграції (що дозволяє інтегрувати транспаранти в обчислювальні системи) та можливості використання різних методів адресації. Таким чином, найбільш доцільним є використання напівпровідникових транспарантів в якості базового елемента в структурі оптоелектронного сторінкового пристрою порівняння з плаваючою комою.

Крім того, заслуговує на розгляд оптоелектронний пристрій на основі транспарантів з повним набором логічних операцій для роботи з матрицями, запропонований в роботі [6]. Даний пристрій має ряд переваг над відомими транспарантами, оскільки є універсальним, що полягає у можливості виконання ним різних логічних операцій, дає змогу досить гнучко і вдало застосовувати його у спеціалізованих обчислювальних системах для обробки, прийому та передачі даних без втрати швидкості та з набагато легшою реалізацією, ніж логічних елементів на відомих транспарантах. А отже, при застосуванні таких пристроїв в якості логічних елементів І, АБО, НІ для оптоелектронного сторінкового пристрою порівняння з плаваючою комою можна суттєво зменшити апаратні витрати на його реалізацію. Крім того, пристрій виконує логічну операцію І над матрицею за час  $t_I = 19,73nc$ ; операцію АБО за  $t_{АБО} = 49,75nc$ ; а операцію НІ за  $t_{НІ} = 16,49nc$ , що на два порядки менший в порівнянні з відомими транспарантами, а отже застосування його в якості базового блоку суттєво збільшить швидкодію оптоелектронного сторінкового пристрою для порівняння з плаваючою комою.

## ВИСНОВКИ

У даній статті було розкрито структуру оптоелектронного сторінкового пристрою порівняння з плаваючою комою, показано структуру кожного його блока на рівні логічних елементів. Оцінено апаратні витрати на реалізацію пристрою, які склали:  $(12P+13M+M/2+ \log_2 M+22.5)$  логічних елементів І,  $(12P+M^2/2+7M+M/2+29)$  логічних елементів АБО та  $(3M+15)$  логічних елементів НІ. В якості логічних елементів І та НІ обрано керовані транспаранти, прямий та інверсний відповідно. В якості елемента АБО – світлооб'єднувальну призму.

Також було зроблено огляд існуючих логічних елементів, зокрема керованих транспарантів та обрано напівпровідниковий транспарант як найбільш доцільний. Крім того, розглянута можливість застосування в структурі оптоелектронного пристрою на основі транспарантів з повним набором логічних операцій, та зроблено висновок щодо доцільності такого застосування, оскільки дасть можливість суттєво зменшити апаратні витрати та значно збільшити швидкодію оптоелектронного паралельного пристрою порівняння з плаваючою комою.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колесницкий О.К. Области применения операции параллельного сравнения изображений и устройства для ее осуществления (обзор) / О.К.Колесницкий, В.П.Кожемяко, Сами Важих Хейреддин // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – № 2 (12). – С. 119 – 128.
2. Колесницкий О.К. Математическая модель оптоэлектронной ячейки матрицы для сравнения-вычитания изображений на основе биспин-прибора / О.К. Колесницкий, Сами Важих Хейреддин, И.В. Мороз // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2007. – № 1 (13). – С. 92 – 101.
3. Сторінковий пристрій порівняння з плаваючою комою в оптоелектронній структурі для розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь / Н.І. Заболотна, В.В. Шолота, І.В. Мусійчук, С.В. Костюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – Вінниця. – 2007. – №1(13). – С.84-91.
4. Морозов В.Н. Оптоэлектронные матричные процессоры / В.Н.Морозов – М. : Радио и связь, 1986. – 112 с.
5. Лисенко Г.Л. Аналіз сучасних типів транспарантів та їх характеристик / Г.Л. Лисенко, І.В. М'ялківська // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2007. – № 2 (14). – С. 145 – 153.
6. М'ялківська І.В. Використання оптичних транспарантів для спеціалізованих обчислювальних систем / І.В. М'ялківська // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2008. – № 1 (15). – С. 123 – 129.
7. Лисенко Г.Л. Оптоелектронний пристрій на основі транспарантів з повним набором логічних операцій для роботи з матрицями / Г.Л. Лисенко, І.В. М'ялківська, О.В. Дюдюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2009. – № 1 (17). – С. 71 – 76.

Надійшла до редакції 15.11.2010р.

**МУСІЙЧУК І.В.** – аспірантка кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.