

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ  
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

На правах рукопису

УДК 535.317.2

ГАРКУШЕВСЬКИЙ Володимир Савич

## **КОНУСНІ ОПТИЧНІ СИСТЕМИ**

Спеціальність 05.11.07 - оптичні та  
оптоелектронні  
прилади

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата технічних наук

Київ - 1996



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі фізико-математичного інституту.

Науковий керівник: кандидат фізико-математичних наук, доктор СМОЛІНСЬКИЙ Є.С.

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор, МОЛОДИК Анатолій Володимирович.
- канд.фіз.-мат.наук, ст.науковий співробітник КРАВЕЦЬ Василь Григорович.

Провідна організація:

Вінницький оптико-механічний завод "Аерогеоприлад".

Захист дисертації відбудеться "16" квітня 1996 р. о 15.годині на засіданні спеціалізованої ради Д 01.02.14 Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут" за адресою: м.Київ, пр.Перемоги, 37, корп.1

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці НТУУ "КПІ".

Автореферат розісланий "15" березня 1996 р.

Відгук на автореферат просимо переслати вченому секретарю спеціалізованої ради Д.01.02.14, д.т.н. Гельману Л.М. за адресою: м.Київ, пр.Перемоги, 37, корпус 1.

ЛННБ ім. В. Стефаніка  
АН України

Вчений секретар  
спеціалізованої ради

Гельман Л.М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Розпізнавання образів (об'єктів, ситуацій, явищ, або процесів) - чи не одна з самих розповсюджених проблем, яку людині доводиться розв'язувати практично щосекундно від першого до останнього дня своєї свідомої діяльності. Природа озброїла людину досконалим оптичним інструментом - оком, на внутрішній поверхні якого утворюються зображення, що сприймається як зоровий образ. Проте можливості ока всетаки обмежені, їх розширяють оптичні прилади, основною частиною яких є пристрої (оптичні системи), що перетворюють світловий потік джерела випромінювання у відношенні просторової, кутової густини або створюючи зображення інформації на деякій площині.

На сучасному етапі розвитку оптики, оптоелектроніки, фотоелектроніки, геліотехніки такі системи дають можливість з великою швидкістю дії, максимальною стійкістю до перешкод виконувати функції прийому, передачі, локалізації, перетворення, обробки оптичної інформації.

Враховуючи високу значимість функцій, що виконуються оптичними системами, до останніх пред'являється суттєва вимога: зображати будь-яку точку простору предметів стигматично, не порушуючи гомоцентричності відбитих, як зазвичай широких пучків в межах нескінченно великої області простору предметів. Отримання паралельного пучка на виході прожектора, проєктора з відбиваючими поверхнями, утвореними в результаті обертання кривих другого порядку, досягається шляхом використання точкового джерела світла з якомога меншим діаметром, що є дуже утрудненою технологічною задачею при їх виготовленні. Разом з тим для досягнення якомога більшої величини світлового потоку, що вилучає точкове джерело, діаметр його мусить бути максимальним, що веде до збільшення розсіювання відбитих від рефлектора променів. Отримання великих світлових потоків за рахунок збільшення діаметру кулеподібного джерела призводить до зменшення їх направленості.

Аналіз функцій, які виконують лінзові, параболічні, гіперболічні оптичні системи, а також абераций, притаманних їм, показав, що останні потребують удосконалення в напрямку одночасного збільшення величини світлового потоку і зменшення при цьому спотворень зображень, що передаються. В зв'язку з цим, а також під тиском багаточисельних практичних проблем, які виникають при розв'язанні задач прийому, передачі, перетворення зо-

бражень, питання створення нових оптичних систем став одним із основних напрямків геометричної оптики.

**Мета роботи.** Враховуючи вказані проблеми, метою дисертаційної роботи є: а) розробка теорії нових конусних оптичних систем (перетворень зображень, фронту хвилі, оптико-геометричних параметрів) і їх конструювання та створення; б) розробка експериментальних спеціальних спектрофотометричних установок і методик вимірювання оптичних характеристик конусних систем; в) дослідження і обґрунтування з їх допомогою характерних фізичних властивостей і принципів особливостей конусних дзеркальних пристроїв.

**Наукова новизна.** Елементами наукової новизни даної роботи є:

1. Розроблена теорія нових конусних оптичних систем і здійснено порівняльний аналіз її з теорією лінзових, сферичних, параболічних систем.
2. Розроблені і створені на базі конусних відбивачів макети установок: концентратор форованого променистого нагріву комбінованої геометричної форми; обробки оптичної інформації. Проаналізовані результати їх роботи.
3. Своєрідні конструктивні особливості оригінальних експериментальних установок багатофункціонального спектрофотометра, моделюючої автоматизованої системи глибинних режимів. До кожної з них розроблені відповідні методики вимірювання основних оптико-технічних характеристик конусних систем.
4. Виміряно перерозподіл освітленості по полю конусних, параболічних систем і показані їх відмінності.
5. Досліджено зміну тіла яскравості при освітленні конусною оптичною системою у світлорозсіюючих середовищах з натуральних і штучних колоїдів. Показана залежність ступеня послаблення світлового потоку від товщини шару світлорозсіюючого середовища для конусних, параболічних відбивачів.
6. Розроблена теорія і досліджені повздовжні і поперечні спотворення зображень в конусних оптичних системах.
7. Розроблена методика побудови зображень, а також теорія перетворення оптичного сигналу в конусних системах. Виявлено факт перетворення полярної системи координат в декартову і навпаки.

8. Розроблена і досліджена ускладнена конструкція комбінованої конусної системи як зворотніх відбивачів.

**На захист виносяться наступні наукові положення:**

1. Конструкції і технічні параметри розроблених установок:
  - (а) багатофункціонального спектрофотометра;
  - (б) автоматизована моделююча система.
2. Конструкції і технічні можливості макетів пристроїв:
  - (а) концентратор форсованого променистого нагріву комбінованої геометричної форми;
  - (б) перетворювач зображень інваріантних до масштабу і повороту.
3. Коректні методики вимірювання освітленості екрану по полю, а також побудови зображень в конусних оптичних системах.
4. Значення коефіцієнту послаблення світлового потоку в світлорозсіюючих середовищах залежно від товщини шару і форми відбивача.
5. Перетворення оптичного сигналу конусними системами.
6. Математична модель спотворень зображень в реальних конусних оптичних системах.
7. Оптико-геометричні характеристики лінзових, сферичних, параболічних і конусних систем. Отримання формули залежності величини світлового потоку на виході відбивача від його апертури.

**Практична значимість роботи.** В роботі розроблені і досліджені нові конусні оптичні системи як приймачі, передавачі, перетворювачі оптичної інформації. Розглядається поняття *фокусна пряма*, і, в зв'язку з цим, пропонується в комплексі з кінічними відбивачами використовувати ниткоподібні джерела світла, які дозволяють отримувати більші світлові потоки, ніж на виході лінзових, сферичних, параболічних систем. Конусні системи перетворюють полярну систему координат в декартову і навпаки; при цьому зображення у вигляді прямої лінії перетворюється в коло, прями нахилені - в параболі.

Розроблені нові конусні оптичні системи можуть успішно використовуватися в пристроях для форсованого променистого нагріву, навігаційних і аерокосмічних системах, для перетворення

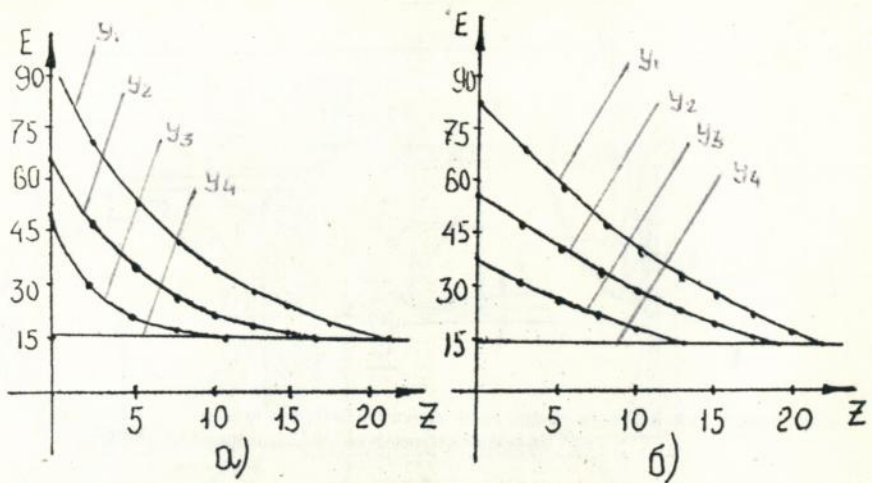
зображень інваріантних до масштабу і повороту, в пристроях розпізнавання об'єктів, обробки оптичного зображення, для світлових і оптичних приладів і ін.

**Реалізація результатів роботи.** Результати, отримані в дисертаційній роботі, використані при виконанні науководослідних робіт "Исследование оптико-геометрических параметров конструктивных элементов и устройств для форсированного лучистого нагрева" (N1820088840), "Разработка макета и исследование устройства обработки оптического изображения" (N80-067910), "Исследование и разработка оптических методов преобразования, инвариантных к масштабу и повороту" (N0031321) і втілені в Київському інституті проблем міцності, Вінницькому онкокодиспансері, СКТБ "Квантрон" Вінницького політехнічного інституту, Вінницькій обласній клінічній лікарні ім. М.І.Пирогова, учбовому процесі фізико-математичного факультету ВЛПІ.

**Апробація роботи.** Основний зміст дисертації доповідався і обговорювався на таких наукових нарадах і конференціях: 1) Перша Всесоюзна конференція по функціональній оптоелектроніці в обчислювальній техніці і пристроях управління, Тбілісі, 1986 р.; 2) Всесоюзна нарада по оптоелектроніці, Барнаул, 1987 р.; 3) Республіканська нарада по оптоелектроніці, Вінниця, 1988 р.; 4) Четверта Всесоюзна нарада по проблемах оптичних скануючих пристроїв, вимірювальних приладів на їх основі, Барнаул, 1988р.; 5) Республіканська школа-семинар "Оптика і спектроскопія і їх роль в НТП", Вінниця, 1988 р.; 6) Республіканський семінар "Оптика і спектроскопія в народному господарстві", Мелітополь, 1990 р.; 7) Науково-технічна конференція країн Співдружності Незалежних Держав "Контроль і управління в технічних системах", Вінниця, 1992 р.; 8) Науково-технічна конференція країн Співдружності Незалежних Держав "Вимірювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва", Хмельницький, 1992, 1993 рр.; 9) Щорічні наукові конференції кафедр фізики і ЗТЛ ВЛПІ, 1984-1995 рр.

**Публікації.** По результатах виконаних досліджень опубліковано 23 наукових роботи.

**Структура і об'єм дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, основних висновків і результатів, переліку використаних літературних джерел із 126 найменування. Загальний об'єм роботи складає 145 сторінок, в тому числі 135 сторінок основного тексту, 45 малюнків, 7 таблиць, 4 фотографій.



Мал. 4: Сімейство теоретичних (а) та експериментальних (б) кривих  $E = f(z, y)$

В свою чергу, освітленість елементарної площини послаблюється в середовищі згідно експоненціального закону:

$$E = E_0 e^{-(\epsilon - \Delta\epsilon)y} = \left( \eta + \frac{\chi \Delta \Phi}{z^2} \right) e^{-(\epsilon - \Delta\epsilon)y} \quad (19)$$

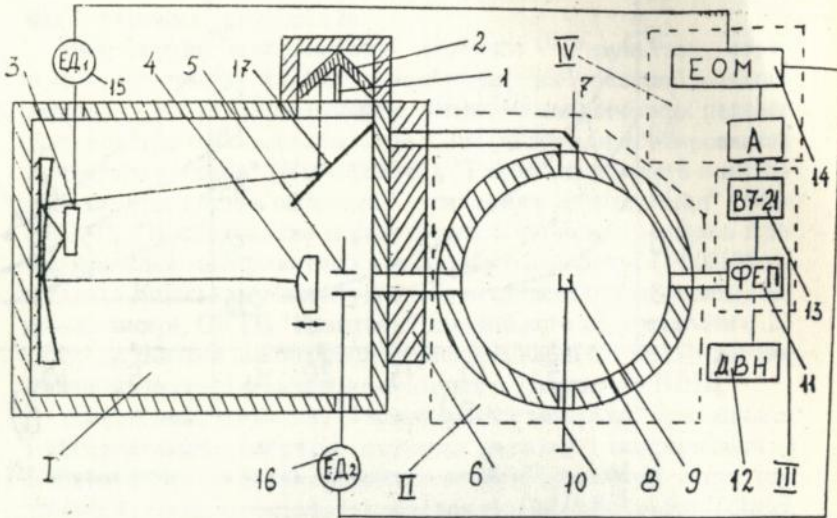
де  $\Delta\epsilon = \omega/4\pi$ ,  $\omega$  - малий тілесний кут, що характеризує розбіжність первинного випромінювання;  $\epsilon$  - показник послаблення;  $y$  - товщина шару середовища.

На малюнку 4а представлено сімейство теоретичних графіків  $E = f(z, y)$  і експериментальних (мал.4б) ( $y_1 < y_2 < y_3 < y_4$ ).

Дослідження спектрофотометричних характеристик, в тому числі і тіла яскравості, мутних середовищ можуть бути незамінним засобом при вивченні моря і атмосферних явищ, в харчовій промисловості і екологічному аналізі.

Розглянуто конструктивні особливості та принцип дії установок багатофункціонального спектрофотометра та перетворення зображення інваріантного до масштабу і повороту, які знайшли практичне використання як у медичній практиці, так і в техніці розпізнавання об'єктів.

Робота багатофункціонального комп'ютеризованого спектрофотометра полягає в тому, що пучок монохроматичного випромінювання, необхідної довжини хвилі (встановлює електродвигун ЕД 1), сформований ниткоподібним джерелом світла і конічним дзеркальним відбивачем з кутом розкилу  $90^\circ$ , що

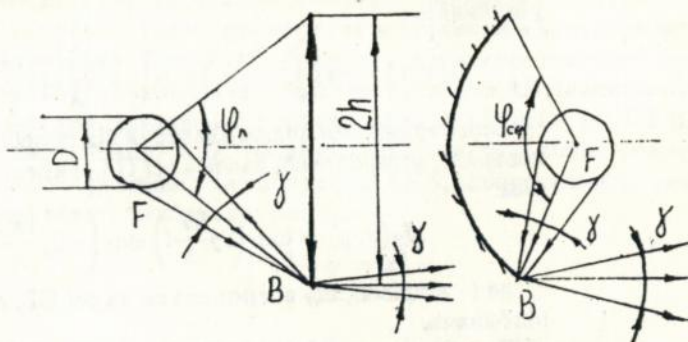


Мал. 5. Схема комп'ютеризованого спектрофотометра.

значно підвищує світлосилу, подається на досліджуваний зразок. Світло після взаємодії із зразком інтегрується у вимірвальній порожнині інтегруючої сфери, приймається фотопомножувачем (ФЕП), вибраної спектральної області, фіксується цифровим вольтметром В7-21А і у вигляді електричного сигналу поступає на аналого-цифровий перетворювач і далі на ЕОМ.

Суть автоматичного режиму роботи комп'ютеризованого багатофункціонального спектрофотометра полягає в тому, що створюється спеціальна програма для ЕОМ, на основі якої здійснюється керування кроковим двигуном ЕД<sub>1</sub>, який змінює положення в геометричному просторі дифракційної решітки 3, а значить, і довжину хвилі через кожні 10 нм.

Величина світлового потоку, що поступає на оптичний вхід інтегруючої сфери є функцією довжини хвилі - максимальна для довжини хвилі 440 нм, мінімальна - для 230 нм. В свою чергу, чутливість ФЕП, відбиваюча здатність сфери, інтенсивність джерела також залежать від довжини хвилі. В зв'язку з цим і деякими іншими причинами, для здійснення можливості вимірювання за допомогою установки абсолютних значень різноманітних оптичних параметрів величину світлового потоку, що створює система монохроматичного випромінювання I, необхідно



Мал. 2: Залежність світлового потоку  $\Phi$  на виході параболічних, сферичних, циліндрових оптичних систем від кута розсіювання

потік на виході дзеркального конуса з кутом розхилу  $90^\circ$  визначиться:

$$\Phi_{\text{кон}} = 2\pi BDI \int_{89.5^\circ}^{90.5^\circ} \sin^2 \alpha d\alpha = 0.11BDI \quad (8)$$

Аналіз (7,8) показує:  $\frac{\Phi_{\text{к}}}{\Phi_{\text{п}}} = 2.2$   $\frac{\Phi_{\text{к}}}{\Phi_{\text{сф}}} = 2.75$   $\frac{\Phi_{\text{к}}}{\Phi_{\text{л}}} = 3.7$  при однакових апертурах систем. При цьому освітленість екрану, розміщеного перпендикулярно осі конусної системи змінюється згідно закону:

$$E = \frac{\Phi}{2\pi Z dZ - \pi dZ^2} \quad (9)$$

де  $\Phi$  - світловий потік, що випромінює ниткоподібне джерело довжиною  $dZ$ ,  $Z$  - відстань від центру екрану до точки, в якій визначається освітленість.

Для сучасної теорії оптичного зображення і застосування оптики для обробки інформації характерно широке використання операційних методів розв'язання задач на основі перетворення Фур'є. Ці методи не тільки озброюють теорію оптичного зображення потужним математичним апаратом, але й дають широкі можливості для аналогій між оптикою і теорією зв'язку.

Розглянемо конус з внутрішньою дзеркальною поверхнею, яку математично можна описати виразом:

$$Z = a - \text{ctg} \frac{\alpha}{2} \sqrt{x^2 + y^2} \quad (10)$$

де  $a$  - відрізок, що відтинає поверхню на осі  $OZ$ ;  $\alpha$  - кут розхилу конуса.

Нехай на таку поверхню вздовж осі  $OZ$  падає плоска однорідна монохроматична хвиля. В умовах наближення "тіні" функція від-

бивання сигналу від конічної поверхні на основі (10) опишеться рівнянням:

$$f_k(x, y) = \exp\left(2j\frac{2\pi}{\lambda}a\right) \exp\left(-2j\frac{2\pi}{\lambda}\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}\sqrt{x^2 + y^2}\right) \quad (11)$$

Для порівняння подібна функція від параболічної дзеркальної поверхні, встановленої вздовж осі OZ, виразиться таким рівнянням:

$$f_{\Pi}(x, y) = \exp\left(2j\frac{2\pi}{\lambda}l\right) \exp\left(-2j\frac{2\pi}{\lambda}\frac{x^2 + y^2}{\rho}\right) \quad (12)$$

де  $l$  - відрізок, що відтинається на осі OZ;  $\rho$  - радіус кривизни відбивача.

Перший експоненціальний співмножник як в (11), так і в (12) визначає постійний фазовий зсув. Це означає, що конусні оптичні системи, так як і параболічні, лінзові, є модуляторами, які змінюють фазу відбитої і відповідно пропущеної хвилі. Другий співмножник в (12) описує сферичну хвилю, яка сходиться в точці (фокусі), параболічного дзеркала, а в (11) - конусоподібну форму фронту хвилі, що сходиться на осі конічного відбивача (фокусна пряма).

Особливий інтерес представляє внутрішній прямий дзеркальний конус ( $\alpha = 90^\circ$ ), для якого фронт відбитої хвилі близько його осі являє собою циліндр, а вихідний сигнал описується рівнянням:

$$f_k(x, y) = \exp\left(2j\frac{2\pi}{\lambda}a\right) \exp\left(-2j\frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{x^2 + y^2}\right) \quad (13)$$

Це дає можливість використовувати прямі конічні відбивачі як перетворювачі зображення з полярної системи координат в декартову і навпаки.

Створення і застосування нових оптичних систем, які дозволяють передавати, приймати оптичну інформацію з мінімальними спотвореннями, вимагає досконального теоретичного, практичного аналізу і їх дослідження.

Конусні оптичні системи із геометричними нерівномірностями здійснюють зміну поведовжніх розмірів зображення згідно рівняння:

$$l = \frac{a}{\cos 2\delta} \quad (14)$$

де  $\delta$  - кут геометричних нерівномірностей,  $a$  - лінійні розміри предмету.

При цьому зміщення зображення вздовж фокусної прямої до вершини, або в протилежну сторону відбувається по закону:

$$x = b \operatorname{tg} 2\delta + \frac{a}{2} [1 - \operatorname{tg}(45^\circ - \delta)] \quad (15)$$

де  $b$  - відстань від геометричної нерівномірності до осі конуса.

Дослідимо закон перетворення зображення в конусних оптичних системах. Нехай на внутрішню відбиваючу поверхню конуса попадає оптичний сигнал у вигляді предмета АВ (розташованого на значній відстані від оптичної системи) вздовж осі ОZ паралельно площині ХOZ. На внутрішній поверхні відбивача отримаємо зображення у вигляді кривої АКВ, рівняння якої одержимо в результаті розв'язання системи:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = z^2 \\ y = a \end{cases} \quad (16)$$

де  $a$  - відстань від предмета АВ до осі конуса. Маємо:

$$\frac{z^2}{a^2} - \frac{x^2}{a^2} = 1 \quad (17)$$

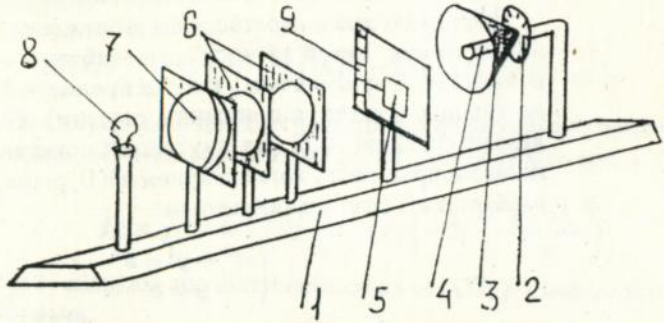
тобто відрізок АВ перетворюється в гіперболу на поверхні конуса.

В роботі описані експериментальні установки та методики вимірювання основних оптичних характеристик конусних систем на них.

Моделююча установка з автоматизованою системою досліджень перерозподілу енергії світлового поля оптичних систем в світлорозсіюючих середовищах складається із слідуєчих основних систем: I - резервуар для створення моделюючого середовища; II - конусний дзеркальний відбивач з кутом розхилу  $90^\circ$  та ниткоподібним джерелом випромінювання (галогенна лампа типу КГЛ 84Б - 1 кВт); III - вимірювальна система, що містить оптичний зонд з світловодом, фотоелектронний помножувач ФЕП-60 із спектральною областю 300-820 нм; IV - реєструюча система, що складається із ЕОМ типу IBM PC/AT 286, принтер типу OKI MICROLINE 183; V - система автоматичного управління переміщення оптичного зонду в середині світлорозсіюючого середовища, яка включає електричну і кінематичну системи.

На мал.3 представлена схема установки для досліджень перетворень зображень та їх спотворень конусними оптичними системами. Вона складається: 1 - оптична лава, 2 - лімба, 3 - конусний відбивач, 4 - фоточутлива плівка, 5 - транспорант, 6 - діафрагми, 7 - лінза, 8 - точкове джерело, 9 - шкала.

Точкове джерело світла 8, розташоване в фокусі лінзи 7, випромінює світловий потік, який за допомогою коліматора 6,7 формується в паралельний пучок, що попадає на транспорант 5. Оптична інформація (предмет) розміщується на транспоранті,



Мал. 3: Схема установки для дослідження перетворень зображень та їх спотворень конусними системами.

що може переміщуватися у вертикальному і горизонтальному напрямках і реєструється на шкалі 9. Сформоване паралельними променями зображення предмета поступає на відбиваючу дзеркальну поверхню конуса 3 і реєструється фотоплівкою 4, яка має форму циліндра, розміщеного на осі відбивача. За допомогою лімбу 2, механічно з'єднаного з конусом, здійснюється поворот останнього на  $360^\circ$  навколо своєї осі. За допомогою цієї установки досліджується достовірність математичних моделей спотворень зображень (викладених у розділі 2), що передаються, приймаються за допомогою конусних оптичних систем.

Важливим завданням сучасної оптики є дослідження, пов'язані з розповсюдженням, перерозподілом поля випромінювання електромагнітних хвиль в неоднорідних середовищах (іоносфера, космічна плазма, атмосфера Землі і інших планет, хвильоводи з неоднорідними заповненнями і т.д.). Враховуючи те, що як джерело випромінювання використовується нитка довжиною  $l$  і діаметром  $D$ , а відбивачем є кінцева дзеркальна поверхня з кутом розхилу  $90^\circ$ , елементарна відбиваюча поверхня якого з віддаленням від вершини змінюється згідно із виразом (9), отримаємо просторову освітленість як інтегральну характеристику світлового поля у вигляді:

$$E_0 = \eta + \frac{\chi \Delta \Phi}{Z^2} \quad (18)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт, враховуючий долю освітленості, яка залежить від довжини джерела і кута низхідних потоків;  $\chi$  - коефіцієнт, враховуючий розміри конусної системи;  $\Delta \Phi$  - елементарний потік;  $Z$  - віддаль від центру екрана до його досліджуваної точки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета і задачі досліджень, визначені наукова новизна і практична цінність роботи, викладені основні положення, які виносяться на захист, а також описані відомості про апробацію результатів досліджень і структуру дисертації.

Зроблена спроба узагальнення всіх найновіших результатів як теоретичного так і експериментального характеру дослідження і розробок оптичних систем в нашій країні і за рубежом. Розглянуті аберації лінзових, сферичних, параболічних оптичних систем як передавачів, приймачів, перетворювачів зображення. Обґрунтовується необхідність розробок конструкцій нових конусних оптичних систем, та створення методів, методик для дослідження характеристик, параметрів останніх. Визначені проблеми геометричної оптики і передбачені перспективи створення і дослідження конічних систем.

Розроблена теорія конусних оптичних систем з внутрішньою, зовнішньою дзеркальними поверхнями відбивання. Розглянуто і обґрунтовано поняття *фокусна пряма* конусних оптичних систем. Осьова точка А суцільним скляним (аксіконом) та внутрішнім дзеркальним конусом перетворюється у відрізок  $A'A''$ , довжина якого визначиться (мал.1): для аксікона

$$A'A'' = \left[ h_1 - (h_m - h_1) \frac{\sin \sigma \sin u_1}{n \cos i_2} \right] (\operatorname{ctg} u_3 - \operatorname{tg} \sigma) \quad (1)$$

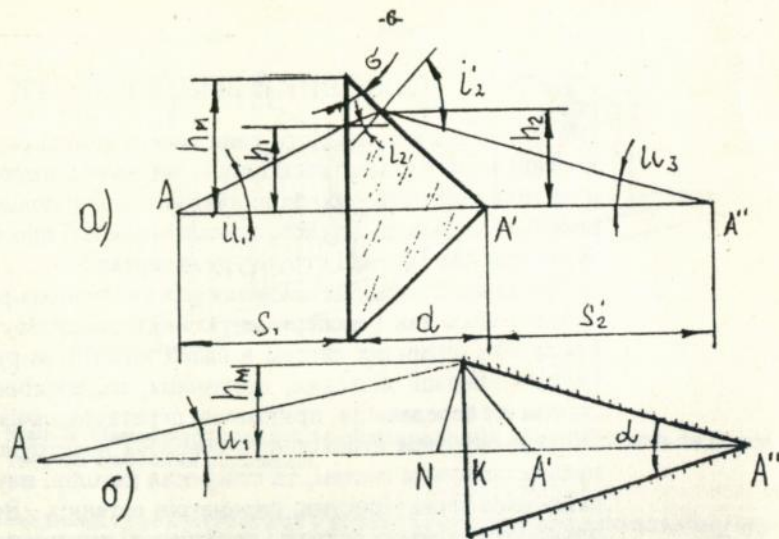
для дзеркального конуса

$$A'A'' = h_m \left[ \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \operatorname{ctg}(u_1 + \alpha) \right] \quad (2)$$

Якщо точка А знаходиться в нескінченності ( $U_1 = 0$ ) і  $\alpha = 90^\circ$ , тоді  $A'A'' = h_m$ , тобто така точка перетворюється у висоту прямого конуса (фокусна пряма).

Питання створення сучасних прожекторів, які б давали змогу отримувати великі світлові потоки з мінімальним розсіюванням, є важливою проблемою світлотехніки. Якщо джерело світла виготовити у вигляді нитки діаметру  $D$  певної довжини  $MK = l$ , то останнє може випромінювати досить значні світлові потоки, величина яких зростає із збільшенням  $l$ . Як відбивач використовується дзеркальний (зсередини) конус з кутом розхилу  $90^\circ$ . Світловий потік, що випромінює бокова поверхня рівнояскравого ниткоподібного (циліндричного) джерела світла визначиться:

$$\Phi_H = 2\pi BDI \int_{\alpha=0}^{\pi} \sin^2 \alpha d\alpha = 9.87BDI \quad (3)$$



Мал. 1: Визначення зображення осрової точки А в аксіоні (а) та дзеркальному конусі (б).

де  $l$  - довжина джерела;  $D$  - діаметр його основи;  $B$  - яскравість. Джерело світла у вигляді рівнояскравої кулі випромінює світловий потік:

$$\Phi_K = \pi^2 B D^2 = 9.87 B D^2 \quad (4)$$

Враховуючи те, що світловий потік на виході параболічної, сферичної, лінзової систем становить відповідно 25%, 18%, 10% від потоку, що випромінює сферичне джерело, рівняння (4) переписується:

$$\Phi_{\Pi} = 2.47 B D^2 \quad \Phi_{\text{сф}} = 1.78 B D^2 \quad \Phi_{\text{л}} = 0.98 B D^2 \quad (5)$$

Встановимо залежність світлового потоку  $\Phi$  на виході конусної, параболічної, сферичної, лінзової оптичних систем від величини кута розсіювання  $\gamma$ . Згідно мал.2 маємо:

$$\frac{h}{BF} = \sin \frac{\varphi}{2} \quad \text{і} \quad \frac{D}{2BF} = \text{tg} \frac{\gamma}{2} \quad (6)$$

при цьому  $\varphi_{\Pi} = 120^\circ$   $\varphi_{\text{сф}} = 100^\circ$   $\varphi_{\text{л}} = 70^\circ$ .

Із рівнянь (5,6) слідує:

$$\Phi_{\Pi} = 5.7 B D h \text{tg} \frac{\gamma}{2}; \quad \Phi_{\text{сф}} = 4.6 B D h \text{tg} \frac{\gamma}{2}; \quad \Phi_{\text{л}} = 3.4 B D h \text{tg} \frac{\gamma}{2} \quad (7)$$

Для кута розсіювання  $\gamma = 1^\circ$ , згідно рівняння (3) світловий

нормувати. У вимірювальну порожнину 8 вводиться порожня кювета 9, двигун ЕД1, згідно з програмою, змінює довжину хвилі, а двигун ЕД2 встановлює таку ширину щілини 5, щоб покази N реєструючого приладу 13 були незмінними для всіх довжин хвиль. Таким чином, встановлюється відповідність ширини щілини певній довжині хвилі, і ця відповідність суворо витримується в подальшій роботі установки (мал.5).

Людське око сприймає зображення за допомогою парних акцепторів - колбочок і паличок, розташованих концентрично, по кільцю. Якщо вважати "жовту пляму" ока центром - а це дугут нервових закінчень, які передають у людський мозок світлову інформацію, - то рецептори по кільцю розташовані по лінійному закону, а в радіальному напрямку - за логарифмічним законом. З жовтого тіла передається інформація на локальну частину кори головного мозку, при цьому відбувається перетворення декартової системи координат в полярну. Аналогічну функцію виконує конусна оптична система, на базі якої розроблений пристрій обробки оптичної інформації, що складається: I - телескопічна оптична система, II - вузол обробки оптичної інформації (дзеркальний конус), III - система виходу (дванадцять гнучких світловодів), IV - екран.

Зміна розміру предмета, що поступає на оптичний вхід пристрою, відповідає зміщенню зображення на екрані по вертикалі вгору (збільшення) або вниз (зменшення), повороту предмету на вході за годинниковою стрілкою відповідає зміщенню зображення вправо по горизонталі на екрані і вліво при повороті проти годинникової стрілки.

Отже, пристрій для перетворення зображення інваріантного до масштабу і повороту є аналогом людського ока і поки що виконує функцію технічного зору, а в перспективі може бути моделлю штучного ока.

## **ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ.**

1. Виконаний порівняльний аналіз лінзових, сферичних, параболічних оптичних елементів як передавачів, приймачів, перетворювачів зображення, обґрунтована необхідність пошуку нових оптичних систем.
2. Розроблена та експериментально перевірена теорія нових конусних оптичних систем. Представлені і досліджені основні поняття, закони, положення стосовно нових систем.
3. Досліджені конусні оптичні системи як передавачі, приймачі, перетворювачі оптичної інформації. Розроблена теорія

перетворення плоскої хвилі в конічну, циліндричну і встановлено закон зміни її фронту при цьому.

4. Розроблена та створена комп'ютеризована установка багатофункціонального спектрофотометра з ниткоподібним джерелом світла та дзеркальним конічним відбивачем, що дає змогу значно збільшити чутливість і світлосилу системи порівняно з існуючими спектрофотометрами.
5. Експериментально перевірено перерозподіл енергії світлового поля конусних систем в залежності від товщини і густини шару світлорозсіюючого середовища, та впливу сторонніх об'єктів на поле тіла яскравості при моделюванні природних середовищ різної дисперсності.
6. Розроблена та створена установка для перетворення зображення інваріантного до масштабу і повороту, що є аналогом людського ока і поки що виконує функцію технічного зору.
7. Розроблені і зібрані нові багатоцільові установки: а) моделююча автоматизована для дослідження перерозподілу енергії світлового поля в світлорозсіюючих середовищах для конусних систем; б) концентратор форсованого променистого нагріву комбінованої геометричної форми. Для вказаних вимірювальних систем запропоновані принципово відмінні від відомих коректні методики дослідження оптичних характеристик конусних систем. Для моделюючої установки сконструйована і зібрана система автоматичного управління і переміщення оптичного зонду в напрямку трьох степенів вільності в середині досліджуваного середовища.

**Зміст дисертації викладений в 23 роботах.**

**Основні з них:**

1. Смолинский Е.С., Гаркушевский В.С. Передача, приём и преобразование оптической информации с помощью конусных систем // Фотоволоника:Респ.НТ Сб.-Одесса:ОГУ, 1988, N2.-С.82-88.
2. Смолинский Е.С., Гаркушевский В.С. Преобразование поля излучения конусными оптическими системами. // Фотоволоника:Респ.НТ Сб.-Одесса:ОГУ, 1995, N6.-С.82-88.
3. Смолинский Е.С., Гаркушевский В.С. Преобразование изображения в конусных оптических системах и их аберрации. // Фотоволоника:Респ.НТ Сб.-Одесса:ОГУ,1995,N6.-С.32-38.

4. Заявка на винахід. Пристрій для перетворення зображення / Гаркушевський В.С., Петрук В.Г., Томчук М.А., Васильківський І.В., Слободяник А.Д.
5. Смолинский Е.С., Киселёва Н.Н., Петрук В.Г., Гаркушевский В.С. Разработка макета и исследование устройства обработки оптического изображения // Винница:ВГПИ, 1988.-117с. Деп. в ВНТИ Центр 02.08, N80-067910.
6. Смолинский Е.С., Гаркушевский В.С. Исследование оптико-геометрических параметров конструктивных элементов и устройств для форсированного лучистого нагрева / ВПИ.-Винница, 1982.- 91с. Деп. в ВНТИ Центр, N01820088840.
7. Смолинский Е.С., Киселёва Н.Н., Петрук В.Г., Гаркушевский В.С. Исследование и разработка оптических методов преобразований, инвариантных к масштабу и повороту /ВГПИ.- Винница, 1990.-40с.-Деп.в ВНТИ Центр 01.89; N0031321.
8. Смолинский Е.С., Кожемяко В.П., Иваницкий Б.Г., Гаркушевский В.С. Исследование конусных оптических систем // Тез. докл. респ. совещ-я по оптоел-ке.-Винница: ВПИ,1988.-С.99-101.
9. Смолинский Е.С., Гаркушевский В.С. Преобразование изображения во внешних конусных оптических системах // Измерит. техника в технологич. процессах и конверсии производств: Сб.докладов науч.-технич. конф. стран СНГ.-Хмельницкий: ХТИ,1992.- С.76-77.
10. Смолинский Е.С., Гаркушевский В.С., Лавренюк В.И., Чорномаз О.В. Распределение энергии излучения по полю в светорассеивающих средах для конусных оптических систем // Контроль и управление в техн. системах: Сб.докладов науч.-технич. конф. стран СНГ.-Винница: ВПИ,1992.-С.5-7.
11. Смолинский Е.С., Гаркушевский В.С. Контроль выходных потоков линзовых, сферических, параболических и конусных оптических систем //Контроль и управление в техн. системах: Сб.докладов науч.-технич. конф. стран СНГ.-Винница: ВПИ,1992.-С.85-87.
12. Смолинский Е.С., Гаркушевский В.С., Лавренюк В.И., Смолинский С.Е. Универсальный компьютеризованный спектрофотометр для исследования различных светорассеивающих сред // Вимірюв. та обчислювальна техніка в технологічн.

процесах і конверсії виробництва: Сб. докладов II науч. техн. конф.- Хмельницький: ХТИ, 1993.- С.32-33.

13. Смолинский Е.С., Домбровский Б.А., Гаркушевский В.С.  
Конусные передатчики и приемники изображения  
// Функционально-оптоэлектроника в вычислительной технике и устройствах управления: Сб. докладов I Всесоюзной конференции.- Тбилиси: ГПИ, 1986.- С.262-264.

### **Аннотация**

Гаркушевский В.С. Конусные оптические системы. Рукопись

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07. - оптические и оптоэлектронные системы. НТУУ "Киевский политехнический институт". Киев, 1996.

Защищается 23 научные работы и заявка на изобретение, которые содержат разработанную теорию новых конусных оптических систем, а также результаты экспериментальных исследований. Установлено, что конусные отражатели имеют фокусную прямую и преобразуют полярную систему координат в декартовую и наоборот. Осуществлено внедрения предложенных новых конусных оптических систем.

### **Abstract**

Garkushevskiy V.S. Conical optical systems.

Dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences, speciality 05.11.07.- optical and optical-electronic systems. National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnical Institute". Kiev, 1996.

23 scientific publications and claim for invention which contain developed theory of new conical optical systems, as well as the results of experimental studies are to be defended. It is found that conical reflectors have focus line and transform the polar system of coordinates into the Cartesian one and vice versa. The suggested new conical optical systems have been implemented into practice.

### **Ключові слова:**

конусні оптичні системи, перетворювачі зображення, кінчні відбивачі.

444872

AB 34.268

**AB 34.268**