

СЕКЦІЯ 2. ОПТИЧНЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ

УДК 535.21

СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕПЛОБАЧЕННЯ

Колобродов В.Г., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна

Теплобачення – це галузь науки і техніки, яка пов’язана з формуванням видимого зображення теплоконтрастних об’єктів на екрані дисплею в реальному масштабі часу. Аналогом тепловізора є телевізійна система (відеокамера), що працює в видимому діапазоні спектру і створює зображення об’єкта у звичайному для сприйняття вигляді. Теплові́йне зображення формується за рахунок власного випромінювання об’єкта та різниці в температурах і коефіцієнтах випромінювання поверхні об’єкта і фону. Тепловізор складається, як правило, з таких основних елементів: оптичної системи (ОС), приймача випромінювання (ПВ), аналогової та цифрової систем обробки електричних сигналів та дисплею.

Бурхливий розвиток теплобачення, особливо військового призначення, почався в 50-х роках. По аналогії з телебаченням, в цей період визначилось два шляхи побудови тепловізорів з використанням в якості ПВ інфрачервоних передавальних трубок (відиконів) і дискретних приймачів з оптико-механічною розгорткою. Другий шлях розвитку скануючих тепловізорів, що отримали назву FLIR-систем, став більш плідним. В 60-х роках в таких системах якості ПВ почали використовувати фотонні приймачі на основі антимоніда індія InSb та легованого ртуттю германію Ge:Hg. Наступним етапом розвитку теплобачення було використання ПВ на основі телуриду кадмію і ртуті HgCdTe, так званих МСТ–приймачів, які мають робочий спектральний діапазон від 8 до 12 мкм. Сучасні МСТ–приймачі є лінійки або матриці, що охолоджуються до температури 77К.

Сучасне теплобачення, використовуючи досвід телебачення, розвивається по таким основним напрямкам: застосування нових типів ПВ; цифрова обробка електричних сигналів для поліпшення характеристик тепловізорів; розробка надсвітосильних об’єктивів з використанням асферичних поверхонь; оптимізація процесів перетворення інформації від об’єкта до очей оператора.

В якості нових типів ПВ використовують матричні приймачі з електронною системою зчитування (наприклад, ПЗЗ-структури). Такий ПВ являє собою кремнієву пластину, яка містить кілька сотень тисяч МОП-конденсаторів. На поверхню цих конденсаторів наноситься напівпровідники HgCdTe, InSb або піроелектрики. Інфрачервоне випромінювання перетворюється чутливими елементами в зарядовий пакет у кремнієвій ПЗЗ-структурі. На базі таких ПВ розроблені сучасні тепловізори, які працюють в декількох спектральних діапазонах. Наприклад, тепловізор Jade IR camera (Франція) працює в

діапазонах 1,5 – 3 мкм, 3 – 5 мкм і 8 – 12 мкм, використовує матрицю на 320x256 пікселів, має температурну чутливість меншу 0,02К.

Перспективним, на погляд автора, є використання в тепловізорах мікроболометричних матриць. Головними перевагами таких тепловізорів порівняно з тепловізорами, що використовують МСТ-приймачі, є: відсутність системи охолодження і оптико-механічної розгортки (для лінійки), а також значно менша їх вартість. Недоліком є менша температурна чутливість, яка лежить в межах 0,04 – 0,1К.

Цифрова обробка відеосигналів дозволяє значно підвищити якість теплового зображення. Сучасні мікропроцесори дозволяють роботи обробку сигналів в реальному масштабі часу з метою підвищення температурного та просторового розділення, визначення координат об'єкта та розподілу температури по його поверхні, створення псевдокольорового зображення і т.п.

ОС, яка складається із інфрачервоного об'єктива і оптико-механічної системи сканування, вдосконалюється шляхом підвищення якості зображення, збільшення коефіцієнта пропускання, зменшення габаритів і вартості. Перспективним є використання дзеркальної не осьової асферичної оптики.

УДК 629.7.05

ГРАНИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАЗЕРНИХ ДАЛЬНОМІРІВ

Лихоліт М.І., Казене підприємство

"Центральне конструкторське бюро "Арсенал", м. Київ, Україна

Лазерні дальноміри (ЛД) призначені для вимірювання дальності до об'єкта спостереження. Принцип роботи ЛД базується на опроміненні об'єкта лазерним випромінюванням і прийомі та аналізу випромінювання, що відбилось від об'єкта. В залежності від методу аналізу відбитого об'єктом вимірювання ЛД підрозділяються на імпульсні, фазові та імпульсно-фазові.

Нами був розроблений імпульсний ЛД, до складу якого входить випромінювач (лазер з $\lambda = 1,06$ мкм), розширювач лазерного пучка, об'єктив прийомної системи, приймач випромінювання (ПВ), електронний блок обробки сигналів, візирний пристрій. Математичне моделювання такого ЛД дозволило отримати формулу, яка визначає мінімальну (граничну) енергію лазера, що забезпечує необхідну дальність роботи:

$$W_l = \frac{4\pi\theta^2 D^4 \mu W_{th}}{d_{po}^2 S_t \rho_t \tau_{os} \tau_{or} \tau_A^2 \gamma}, \quad (1)$$

де 2θ - кут розходження лазерного пучка передавальної системи на рівні e^{-1} від максимального значення на осі; D - задана дальність до об'єкта; μW_{th} - порогова енергія ПВ; d_{po} - діаметр вхідної зіниці об'єктива приймального каналу; S_t і ρ_t - площа і коефіцієнт відбиття поверхні об'єкта спостереження відповідно; τ_{os} і τ_{or} - коефіцієнти пропускання оптичних систем

передавального і прийомного каналів на довжині хвилі 1,06 мкм відповідно; τ_A - спектральний коефіцієнт пропускання атмосфери; γ - коефіцієнт, який враховує зменшення освітленості поверхні об'єкта при похибці наведення σ_v .

При розробці математичної моделі ЛД також вважалось, що:

1. Коефіцієнт пропускання атмосфери залежить від дальності до об'єкта згідно закону Бугера-Ламберта

$$\tau_A(\lambda) = \exp[-\alpha_A(\lambda)D]. \quad (2)$$

2. Коефіцієнт ослаблення атмосфери α_A розраховується за формулою

$$\alpha_A(\lambda) = \frac{3,91}{D_m} \left(\frac{\lambda}{0,55} \right)^{-0,585\sqrt{D_m}}, \quad (3)$$

де D_m - метеорологічна дальність видимості.

3. Коефіцієнт γ розраховується за формулою

$$\gamma = \exp\left(-2\frac{\sigma_v^2}{\theta^2}\right). \quad (4)$$

При заданій похибці наведення існує оптимальне значення кута розходження для гаусового лазерного пучка $\theta_{opt} = \sqrt{2}\sigma_v$.

4. Порогова енергія ПВ залежить від ймовірності виявлення відбитого від об'єкта сигналу та ймовірності його помилкового виявлення.

Отримана формула (1) дозволяє визначити граничні характеристики ЛД, а також проводити аналіз і синтез їх систем. Із формул (4) і (5) випливає залежність максимальної відстані дії ЛД від кута розходження θ . Враховуючи (2) із формули (1) можна отримати трансцендентне рівняння для розрахунку максимальної відстані дії ЛД:

$$D^4 \exp(2\alpha_A D) = \frac{W_l d_{po}^2 S_t \rho_t \tau_{os} \tau_{or} \gamma}{4\pi\theta^2 \mu W_{th}}. \quad (5)$$

УДК 617.55-089-78

БАГАТОКАНАЛЬНЕ ДЖЕРЕЛО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЇ ДІАГНОСТИКИ БІОТКАНИН

*Денисов М.О., Дец С.М., Корольова Т.В., Кравченко І.В., Редчук О.О.
Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,
м.Київ, Україна*

В останні 10-12 років індукована світлом флуоресцентна спектроскопія широко використовується в клінічних умовах для *in-vivo* діагностики ранніх стадій онкологічних захворювань внутрішніх органів людини в гастроентерології, урології, гінекології. Діагностична процедура базується на відмінностях спектрів флуоресценції нормальних та патологічних ділянок біотканин при збудженні їх оптичним випромінюванням.

В якості джерел збудження флуоресценції широко використовуються лазери, що випромінюють в синьо-зеленому діапазоні оптичного спектру (гелій-кадмієвий, аргоновий, криптоновий). В останні 1-2 роки для цієї мети почали застосовуватися також напівпровідникові лазери (GaInN), що випромінюють в синьо-фіолетовому діапазоні спектру. Суттєвий прогрес, який був досягнутий в останні 2-3 роки в технології виготовлення світловипромінюючих діодів (СВД), призвів до появи на ринку джерел випромінювання надлюмінісцентних СВД, що випромінюють в діапазоні спектру 450-480 нм. Потужність таких СВД зараз сягає 0.8-1.5 мВт, що при їх малих габаритах та живленні від низьковольтних джерел сталого струму робить перспективним використання надлюмінісцентних СВД в клінічній практиці замість лазерів.

Клінічне застосування СВД для in-vivo діагностики онкологічних захворювань потребує комплексного вирішення науково-технічних задач, спрямованих на досягнення необхідної для збудження флуоресценції біотканин внутрішніх органів людини щільності опроміненості ($2-3 \text{ Вт/см}^2$) з забезпеченням ефективного збору сигналу флуоресценції з метою його подальшої реєстрації в реальному масштабі часу.

Зазначені задачі були вирішені шляхом дослідження оптичних властивостей надлюмінісцентних СВД, розробкою електронної схеми керування режимами роботи значної кількості світлодіодів (до 10 штук), їх ефективним спраженням з волоконними оптичними транспортуючими системами (ВОТС) та волоконно-оптичним спектрометром.

Параметри системи:

- габарити джерела випромінювання: 150 x 120 x 60 мм;
- потік випромінювання на дистальному кінці ВОТС: 6-8 мВт;
- зовнішній діаметр ВОТС - менш ніж 2.8 мм, довжина – до 5 м.

УДК 681.784

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ АПЕРТУРИ ФОТОПРИЙОМНОГО КАНАЛУ НА ПОХИБКИ ВІДТВОРЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЦЕРНІКЕ В МЕТОДІ ОДНОПРОМЕНЕВОЇ РЕФРАКТОМЕТРІЇ ОКА

Чиж І.Г., Осіпова І.Ю., Кожарин І.Д., Ярошинська Л.А., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна

В багатьох приладах, що вимірюють аберації оптичної системи ока актуальною є проблема похибки, яка виникає за рахунок подвійного проходження світла. Ця похибка пов'язана з тим, що вихідний пучок світла (що несе в собі інформацію про поперечну аберацію вхідного променя) поширюється від сітківки через абераційну систему самого ока, отже умови розповсюдження цього пучка далекі від ідеальних. Це призводить до спотворення пучка і, як наслідок, спотворення інформації про абераційний стан

оптичної системи ока. В зв'язку з цим виникає питання про те, наскільки суттєві похибки, що пов'язані з подвійним проходженням світла, як вони залежать від абераційних властивостей ока та геометричних параметрів каналу фотоприймача: діаметра апертурної діафрагми, її децентрування та віддаленості від зіниці ока. Також практичний інтерес має питання як і в яких випадках можна боротися з цими похибками.

Для вирішення вказаної проблеми була створена програма, що моделювала вплив аберацій ока в залежності від параметрів фотоприйомного каналу для різних випадків абераційних коефіцієнтів. Програма дозволяє розрахувати коефіцієнти Церніке, що вимірюються за допомогою рефрактометра, які потім порівнюються зі справжніми коефіцієнтами.

Проведені дослідження показали, що точність відтворення коефіцієнтів Церніке суттєво залежить від геометричних параметрів фотоприйомного каналу і дозволили виробити рекомендації щодо оптимальних параметрів, які дозволяють зробити похибку мінімальною.

УДК 681.78.01

ОПТОСЕНСОРИКА СФЕРИЧЕСКИХ ГИРОСКОПОВ. ВВЕДЕНИЕ В СХЕМОТЕХНИКУ И АНАЛИЗ

*Коваль С. Т. Национальный технический университет Украины “ Киевский
политехнический институт ”, г.Киев, Украина*

Гироскопы со взвешенным сферическим ротором, разработанные ещё в начале 60х годов, давно перестали быть экзотикой и широко применяются в современных системах навигации и ориентации. К настоящему моменту накоплен большой опыт, а за истекший период появилось много публикаций, однако, разработка и исследования в области совершенствования как сферических гироскопов, так и систем съёма угла по-прежнему остаются актуальными. Научно-технические результаты, полученные за более чем 20 летний период работы в указанной области, представлены в обобщённом виде. Учитывая роль, которую играют оптические датчики угла в платформенных и бесплатформенных системах инерциальной навигации, и, исходя из конечных задач инерциальной навигации, сформулированы требования к оптико-электронным системам съёма угловой информации. На основе анализа существующих и возможных принципов построения систем угловой привязки оценена их перспективность, применимость на практике, а также определены дальнейшие пути их совершенствования. Рассмотрены оптические схемы миниатюрных датчиков, осуществлено их сопоставление, в итоге показано, что любая оптическая система датчика может быть эквивалентно замещена функцией освещённости ротора, зависящей от полевой диафрагмы, её яркости, отражающих свойств поверхности ротора и качества оптики. Такой подход позволил представить систему съёма угла в виде адекватной системы анализа и

формирования фотосигнала, ограничиваясь рассмотрением только процессов взаимодействия излучения с роторным рисунком. В итоге в самом общем виде удалось сформулировать математическую модель произвольного оптического датчика системы съёма угла в виде системы подвижного анализатора с вращающимся сферическим растром для того, чтобы определить кодированный лучистый поток (фотосигнал), принимаемый фотоприёмником. Пространственно-временная модель фотосигнала описана с использованием геометрии на сфере в терминах сферической системы координат, совмещённой своим началом с началом координат базового триэдра, образуемого спиновыми осями 2-х сферических гироскопов. Как альтернатива, приведена спектральная модель фотосигнала, построенная на представлении полиномами Лежандра заданных на сфере функций. Пространственно-спектральный анализ на сфере выполнен как для детерминированной, так и для случайной топологии раstra. Предложенный анализ оригинален в оптическом приложении и, обладая общностью, может быть адаптирован к плоским и цилиндрическим растрам.

УДК 681.78.01

МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛИЗАТОРОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЭВМ

Ляпин А.Р., Национальный технический университет Украины “ Киевский политехнический институт ”, г.Киев, Украина

Анализатор - важная часть оптико-электронного прибора, определяющая первичную обработку информации. Теоретические основы хорошо известны и изложены давно. Однако при аналитическом расчёте для значительного числа анализаторов возникают трудности с двойным интегрированием. С появлением компьютеров появилась возможность по-другому подойти к решению задачи нахождения сигнала, снимаемого с приёмника излучения. Была поставлена задача разработать программный продукт, который позволил бы рассчитать сигнал, снимаемый с ПИ. Входные данные (распределение коэффициента пропускания анализатора, движение анализатора, распределение освещённости в плоскости анализатора) задаются пользователем с любой степенью сложности. Выходные данные (сигнал, снимаемый с ПИ и его спектр) выводятся программой на дисплей. Входные данные могут задаваться как аналитическим путём - по известной формуле, так и напрямую, изменяя конкретные значения одного из входных полей.

Для решения поставленной задачи наряду с общепринятыми методами используются методы дискретного быстрого одномерного и двумерного преобразований Фурье.

Программа написана на языке программирования Delphi 6. Применены такие модули сторонних производителей:

1) MathParser (RxLib) – для задания полей аналитическим путём;

2) TeeChart (Steema Software) – для отображения выходных данных на дисплее в виде графиков. Позволяет масштабировать, поворачивать график вокруг осей, выделять для просмотра заданную область.

Требования к аппаратному и программному обеспечению:

1) Компьютер – Pentium-100 и выше, SVGA-монитор, видеокарта с минимальным разрешением 800x600. Объем оперативной памяти – не менее 8 Мб; Объем свободного места на диске – 10 Мб;

2) Установленная операционная среда - Windows 95/98/2000/NT.

Быстродействие: на компьютере Duron-700 в течение одной минуты были получены промежуточные значения сигнала, снимаемого с приёмника излучения для количества положений анализатора от 10 до 100 в зависимости от величины и шага задания полей коэффициента пропуска анализатора и освещенности анализатора.

Программу рекомендуется использовать в качестве дополнения к расчёту оптических систем.

УДК 681.2

О ГРАДУИРОВКЕ ОПТИЧЕСКОГО ВЛАГОМЕРА ДЛЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

*Костенко К.М., УкрНИИПВТ, г. Киев, Украина, Николаенко Б.Л., Казенное предприятие
"Центральное конструкторское бюро "Арсенал", г. Киев, Украина*

В измерительной практике широко распространена задача построения градуировочных характеристик средств измерений. При передаче размеров единиц метод градуировки обеспечивает наименьшую потерю точности, а в некоторых случаях только этот метод может обеспечить требуемую точность поверяемых средств. Причина этого явления состоит в том, что в измерительном приборе связь между входной величиной X и выходной величиной Y определяется функциональной зависимостью вида:

$$Y = F(X), \quad (1)$$

причем очень часто истинная функция преобразователя изменяется во времени, то есть:

$$Y = F(X, t), \quad (2)$$

Несмотря на то, что вопросы построения таких зависимостей широко освещены в литературе, применительно к измерениям влажности зерна оптическими влагомерами имеются некоторые особенности, которые требуют дополнительных исследований.

Результаты таких исследований представлены в докладе, в котором приводятся схема построения влагомера и особенности его функционирования, методики создания градуировочных проб зерна и обработки измерительной информации с использованием электронных таблиц Excel, а также конкретный пример градуировки двух приборов по зерну рапса. Высказана мысль о

необходимости объединения усилий разработчиков по созданию методики градуировки оптических влагомеров на уровне государственного стандарта.

УДК 535.21

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИНФРАКРАСНЫХ ОБЪЕКТИВОВ

*Фесенко В. В. , Молодык А.В. , Руденко А.В., Казенное предприятие
"Центральное конструкторское бюро "Арсенал", г. Киев, Украина,
Боровицкий В.Н. Национальный технический университет Украины "Киевский
политехнический институт", г.Киев, Украина*

Одним из необходимых условий производства конкурентно способных изделий инфракрасной оптики является наличие современной стендовой аппаратуры, технологий и программного обеспечения для контроля качества инфракрасных оптических систем, в частности - инфракрасных объективов. Для решения задач оценки качества инфракрасных объективов в СКО-3 КП ЦКБ "Арсенал" введен в эксплуатацию программно-аппаратный комплекс нового поколения, который позволяет в автоматизированном режиме измерять трехмерные распределения полей облученности инфракрасных объективов. По данным этих измерений рассчитываются такие характеристики качества как функция рассеяния точки, функция рассеяния линии, функция передачи модуляции, частотно-контрастная характеристика, фокусировочные кривые и др. Программно-аппаратный комплекс состоит из следующих основных элементов: абсолютно черное тело, набор типовых тест- объектов, включая штриховые миры, коллиматор с внеосевым параболическим зеркалом, измеряемым инфракрасным объективом на поворотной платформе, инфракрасным фотоприемным устройством подключенным к компьютеру через плату аналого-цифрового преобразования, узла сканирования, перемещением которого с микронной точностью управляет компьютер и на котором закреплено инфракрасное фотоприемное устройство. Программное обеспечение комплекса управляет перемещением узла сканирования в пространстве изображения инфракрасного объектива; обеспечивает считывание сигнала с инфракрасного фотоприемного устройства; его статистическую обработку и визуализацию в графическом виде результатов измерения; формирование текстового протокола выполненных измерений. Создание такого программно-аппаратного комплекса позволило оценить качество изготавливаемых инфракрасных объективов и их компонентов с высокой точностью при малых временных затратах.

МОДЕЛЮВАННЯ НІЧНОГО КАНАЛУ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Гордієнко В.І., НПК “Фотоприлад”, м. Черкаси, Україна

Нічний канал забезпечує пошук, виявлення та розпізнавання об'єкта в нічних умовах і складається із об'єктива, світлофільтра, електронно-оптичного перетворювача (ЕОП), системи обертання зображення, окуляра, системи введення в поле зору сітки.

Узагальненими характеристиками, які характеризують нічний канал, або іншими словами електронно-оптичний візир (ЕОВ), в цілому є максимальні відстані виявлення та розпізнавання об'єкта, кутове поле зору, просторова роздільна здатність та порогова чутливість.

Для дослідження ЕОВ з метою підвищення його ефективності була розглянута математична модель системи “об'єкт – атмосфера – ЕОВ – спостерігач”. Об'єкт спостереження, що знаходиться на фоні (місцевості), освітлюється природнім або штучним джерелом світла. Частина світла, яке відбивається від об'єкта і фону, після проходження атмосфери надходить до вхідної зіниці об'єктива. Об'єктив формує перевернуте зображення об'єкта в площині фотокатода ЕОП. ЕОП підсилює світло, що потрапляє на його вхід, і формує на екрані зображення об'єкта і фону у видимому діапазоні спектру. За допомогою системи обертання зображення і окуляра спостерігач бачить пряме зображення.

Розглянуто детально ті характеристики і параметри окремих елементів ЕОВ (об'єкт і фон, атмосфера, об'єктив, ЕОП, окуляр, зорова система спостерігача, апаратура для освітлення об'єкта), які використовуються при проектуванні і дослідженні візиру.

Запропонована математична модель дозволила отримати рівняння для розрахунку максимальної відстані виявлення об'єкта за допомогою ЕОВ, який працює як в активному, так і в пасивному режимах. Таке рівняння було отримано в чотири етапи. Н першому етапі визначалась освітленість об'єкта і фону, яка створюється природною нічною освітленістю або прожектором. На другому етапі знаходився світловий потік, який надходить від об'єкта на фотокатод ЕОП. На четвертому етапі отримано рівняння для розрахунку максимальної відстані виявлення об'єкта з урахуванням законів зорового сприйняття зображення і ймовірності виявлення об'єкта. При цьому враховувалися усі спектральні характеристики випромінювання, відбиття і пропускання, параметри елементів ЕОВ.

Отримано загальне рівняння, яке дозволяє аналізувати і синтезувати ЕОВ, який працює як в активному, так і в пасивному режимах. В якості прикладу застосування розробленої методики, розрахована максимальна відстань виявлення об'єкта за допомогою ЕОВ. Досліджено залежність максимальної відстані виявлення від фокусної відстані об'єктива та його відносного отвору, інтегральної чутливості фотокатода ЕОП та його термоелектронного струму,

збільшення ЕОВ. Зроблено рекомендації що до вибору параметрів окремих елементів ЕОВ. Наприклад, максимальна відстань виявлення значно зростає, якщо в якості ЕОП використовувати перетворювачі другого покоління на мікроканальних пластинах, а світлосильний об'єктив узгодити по роздільній здатності з просторовою роздільною здатністю ЕОП. Важливим є узгодження кутового збільшення і кутового розділення ЕОВ з законами зорового сприйняття зображення.

УДК 621.384.326.3

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРОВ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

*Соболев А.В., Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт», г.Киев, Украина*

Рассматриваются методы повышения дальности действия приборов ночного видения (ПНВ), а также возможность увеличения дальности приборов посредством улучшения характеристик отдельных компонентов ПНВ.

Уделяется особое внимание компонентам электронно-оптического преобразователя (ЭОП), как основной части ПНВ. Рассматривается работа прибора при использовании микроканальных пластин (МП), влияние размеров МП на разрешающую способность прибора, влияние расположения МП на вид частотно-контрастной характеристики (ЧКХ). Оценивается возможность улучшения ЧКХ системы: МП-воздушный промежуток-экран.

Производится анализ доступных и используемых в настоящее время материалов для фотокатодов и экранов ЭОП-ов, их влияние на чувствительность прибора в целом, а следовательно, на дальность работы.

Рассчитывается дальность действия ПНВ в пассивном режиме и активном: как в случае применения лазерной подсветки, так и в случае применения инфракрасного (ИК) прожектора. Оцениваются результаты полученных расчетов.

Рассматриваются преимущества применения новых объективов с двумя фокусными расстояниями для приборов, работающих с подсветкой.

Исходя из полученных результатов, намечаются направления дальнейшего развития ПНВ, их возможность работы совместно с тепловизионными (ТПВ) приборами для обеспечения непрерывной работы прицелов ночного действия.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ГИРОСТАБИЛИЗАТОРОВ ПРИБОРОВ НАБЛЮДЕНИЯ НА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ГИРОСКОПАХ

*Гордиенко В.И., Бурак А.В., Голуб А.Г., Леонцев А.Н., НПК «Фотоприбор»,
г. Черкассы, Украина*

В последние годы значительно возросла необходимость в приборах наблюдения со стабилизацией поля зрения, имеющих высокую точность, надежность и низкую стоимость. Одним из направлений, удовлетворяющим этим требованиям есть создание гиростабилизаторов (ГС) на основе волоконно-оптических гироскопов (ВОГ), в конструкции которых используются качественно новые принципы.

Высокие технические характеристики ГС можно получить благодаря следующим основным особенностям ВОГ:

- практически мгновенный запуск и выход на рабочий режим;
- мгновенное преобразование угловой скорости в электрический сигнал;
- стандартное низковольтное питание, низкое энергопотребление;
- отсутствие погрешностей, присущим другим типам датчиков (перекрестная связь, составляющая уход от g и g^2);
- высокая надежность, неограниченное количество запусков;
- наличие внутренней периодической калибровки сдвига, обеспечивающей высокую точность преобразования и малые температурные уходы.
- высокая устойчивость к внешним воздействиям (ударам и вибрации);
- большой динамический диапазон;
- минимальные габариты и вес;
- гибкая адаптируемая конструкция;
- бесшумная работа;

К особенностям конструкции и принципиальной схемы гиростабилизатора можно отнести следующее:

- установка каждого ВОГ на соответствующую раму для получения независимых больших углов наведения относительно осей стабилизации ГС;
- использование одного и того же электронного канала в качестве усилителя разгрузки и наведения.

В результате моделирования на ПК и макетирования ГС на ВОГ были получены положительные результаты, подтверждающие правильный выбор направления исследований и перспективных разработок ГС приборов наблюдения, удовлетворяющим современным требованиям как на внутреннем, так и на мировом рынках.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ

*Истиборович А.С., Национальный технический университет Украины "Киевский
политехнический институт", г.Киев, Украина*

Телевизионные системы контроля (ТСК) нашли широкое применение в различных отраслях науки и техники, например, телевизионная пирометрия, экологический мониторинг, телевизионная микроскопия и т.д.

Для обоснованного использования ТСК требуется определение наиболее важных характеристик системы. На сегодняшний день не существует общего подхода к определению характеристик, поэтому не устранены некоторые трудности в практическом использовании ТСК.

Одним из возможных подходов к определению характеристик ТСК является концептуальный подход, который состоит в выделении тех характеристик, влияние которых обуславливает границы и возможности практического применения ТСК, малую погрешность полученных результатов. Нами предложен набор следующих характеристик:

Распределение чувствительности по мишени светозахватывающего преобразователя (СЭП) – определяет пригодность прибора к использованию в задачах анализа оптических полей. СЭП представляет собой по сути совокупность микроприемников, и сигналы разных участков СЭП при одинаковой освещенности могут быть разными. Компенсация неравномерности чувствительности требует приложения некоторых усилий.

Диапазон линейности – диапазон входных сигналов, в пределах которых система линейна, т.е. реакция системы на сложный входной сигнал равняется сумме реакций на отдельные составляющие входного сигнала. ТСК, как правило, нелинейна, поэтому обязательным условием для применения к системе математического аппарата гармонического анализа является определение диапазона линейности и последующая работа в нем.

Эффективная длина волны характеризует спектральные возможности ТСК и представляет собой значение длины волны монохроматического излучения, которое создает в системе такую же реакцию, как и реакция на воздействие реального излучения. Определение эффективной длины волны обеспечивает правомерность использования как самой формулы Планка, так и соотношений, из нее следующих, для оценок преобразований реальных сигналов в реальных системах.

ТЕОРІЯ ОПТИЧНОГО ОДНОРІДНІШОГО КОМПЕНСАТОРА (ОРК) КЛИНОВОГО ТИПУ З УРАХУВАННЯМ ПОХИБОК ВИГОТОВЛЕННЯ

В.Г. Бурачек, В.О. Боровий, С.Д. Крячок, Київський національний університет будівництва і архітектури, м.Київ, Україна

В геодезичних приладах для автоматичного приведення візирного променя у вертикальне чи горизонтальне положення застосовуються компенсатори. Для визначення впливу похибок виготовлення ОРК розглянуто дію його оптичних середовищ на положення візирного променя $\bar{A}_1$.

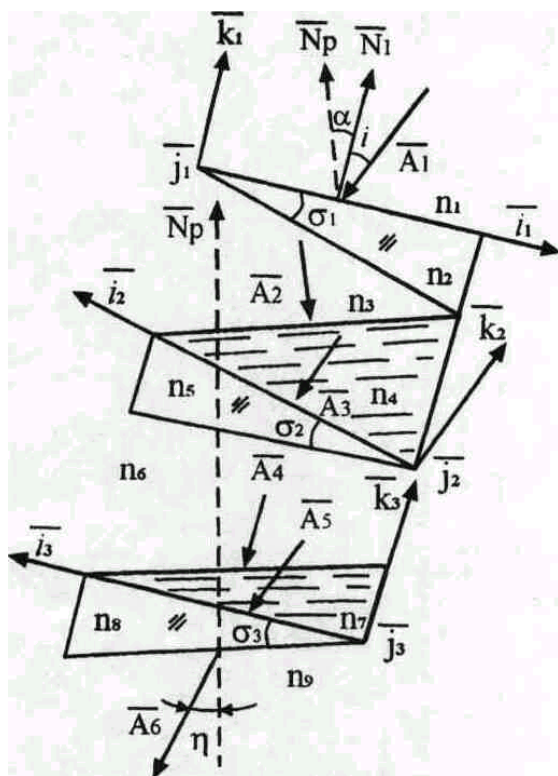


Рис. Фізична модель оптичної системи (ОС) ОРК: $\bar{N}_p, \bar{N}_1$ - нормалі до поверхні рідини і плоскопаралельних пластин (ППП); $\bar{A}_i$ - промені світла (одичні вектори); i - кут падіння $\bar{A}_1$ на ППП; $\bar{i}_i, \bar{j}_i, \bar{k}_i$ - базисні вектори ППП; n_i - показники заломлення; σ_i - залишкові оптичні клини ППП.

Величину η відхилення візирного променя від вертикалі оптичними середовищами ОРК знайдено з векторного добутку (рис.):

$$\sin \eta = [A_6 N_p],$$

де $A_6 = M_{ОРК} \cdot A_1$, A_1 - матриця орта променя, що падає на ОРК, N_p - матриця нормалі до поверхні рідини,

$$M_{ОРК} = T_{1-2}^{-1} \times T_{2-3}^{-1} \times M_3 \times T_{2-3} \times M_{p2} \times M \times T_{1-2} \times M_{p1} \times M_1,$$

де $M_{ОРК}$ - матриця ОС ОРК; M_1, M_2, M_3 - оператори оптичних клинів ППП; M_{p1}, M_{p2} - оператори поверхонь заломлення рідини;

T_{1-2}, T_{1-3} - матриці переходу від одного базису до іншого. Обґрунтовано оптимальне схемне рішення ОРК. В ньому площини залишкових оптичних клинів лежать у

спільній площині, а їх основи зорієнтовані так, як це показано на рисунку. Якщо $i = 0$, $n_1 = n_3 = n_6 = n_9 = 1$, $n_2 = n_4 = n_5 = n_7 = n_8 = 1,5$, а $\sigma_i = \sigma$, то $\eta = 0$.

СТЕНДОВАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКАНИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

*Микитенко В.И., Михеенко Л.А., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина*

К спутниковой аппаратуре дистанционного зондирования Земли предъявляются высокие требования по чувствительности, амплитудному и спектральному разрешению, линейности энергетических характеристик, стабильности. Имеющиеся за рубежом установки для аттестации такой аппаратуры этим требованиям в известной степени удовлетворяют, однако для Украины, их разработка является, в настоящее время, новой и сложной научно-технической задачей.

В частности стенд для аттестации энергетических характеристик многозональных сканирующих устройств (МСУ) типа «Ресурс» должен обеспечивать:

- измерение интегральной чувствительности МСУ в диапазоне 0,4-1,7 мкм (разбитом на 7 спектральных поддиапазонов) с погрешностью не более 6%;
- измерение относительной спектральной чувствительности со спектральной границей разделения 0,01 мкм и погрешностью не более 5,5%;
- измерение относительной градационной характеристики в пределах 100-250 Вт/ср·м² с погрешностью не более 0,5%;
- измерение зонной чувствительности МСУ при неравномерности сигнала по полю не более 5%.

Настоящая работа посвящена описанию стенда для аттестации энергетических характеристик МСУ космического базирования и анализа его метрологических характеристик.

Стенд включает интегральный осветитель на базе фотометрического шара с регулируемой яркостью, фотометр сравнения с высоким амплитудным разрешением и линейностью, спектральный блок с неселективным приемником излучения и блок оптической коммутации. В стенде используется известная и доступная в Украине элементная и приборная база.

В работе приводятся также разработанные методики измерения энергетических характеристик МСУ и метрологический анализ стенда, который показал его соответствие требуемым параметрам.

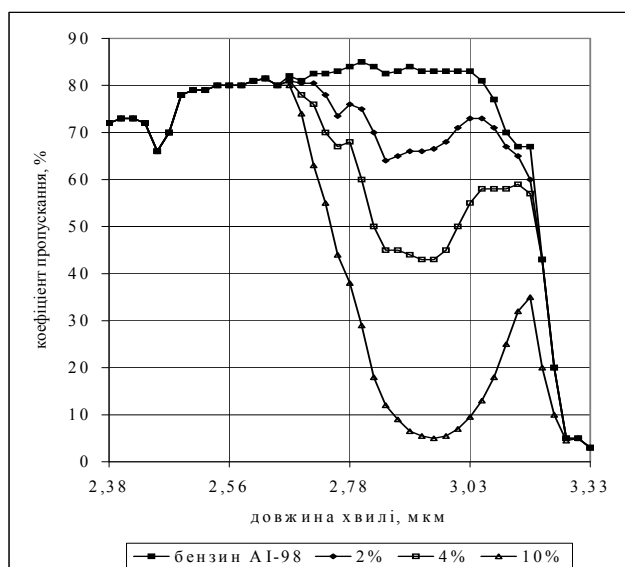
Полученные результаты будут полезны широкому кругу специалистов, занимающихся разработкой стендовой аппаратуры для измерения и аттестации сканирующих устройств космического базирования.

ОПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПИРТО-БЕНЗИНОВОЇ СУМІШІ

Балінський Є.Г., Кравченко І.В., Коваленко Л.А., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут” м. Київ, Україна

Як відомо, автомобільний транспорт є основним джерелом забруднення навколишнього середовища. На його долю приходить більше 50 % токсичних викидів в атмосферу. Їх кількість кожного року збільшується. Ефективному захисту повітря сприяє відмова від використання свинцевих антидетонаторів і залучення в склад автомобільних бензинів других високооктанових добавок. Серед кисневовміщуючих сполук, які вводяться в бензини в якості високооктанових компонентів, найбільш поширеним в останній час в США (з середини 90-х років) та Європі є метил-трет-бутиловий ефір (МТБЕ). Але в останній час МТБЕ знайдено в джерелах водопостачання. Він дуже добре розчиняється в воді і легко виявляється по запаху і смаку навіть в малих концентраціях. Саме тому зараз робляться спроби застосування замість МТБЕ етанолу. Деякі спеціалісти вважають, що на ринках етанолвміщуючий бензин може користуватись успіхом.

Відомо, що в сучасних виробництвах на нафтопереробних заводах для контролю складу вуглеводневих сумішей застосовується математична обробка їх спектрів поглинання в ближній інфрачервоній ділянці спектру, яка дозволяє виявити кореляцію між їх спектральними характеристиками та октановими числами і другими показниками якості.



На кафедрі оптичних та оптичноелектронних приладів Національного технічного університету “КПІ” досліджувались суміші вітчизняних бензинів різних марок та етилового спирту. Виміряні спектральні коефіцієнти поглинання в видимій, ближній і середній інфрачервоній області довжин хвиль. На рисунку показано спектри поглинання на ділянці, яка є найбільш інформативною, сумішей етилового

спирту з бензином марки АІ-98 для різних об’ємних долей спирту. Показано, що користуючись одержаними результатами, можна визначити об’ємну долю етилового спирту в спирто-бензиновій суміші в діапазоні від 1% до 10% спирту.

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ПІРОМЕТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТКОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

*Чеховський С.А., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Однією з актуальних задач контролю за перебігом високотемпературних технологічних процесів із реакцією спалювання є вимірювання температури газового середовища в зоні цієї реакції. Розроблено концепцію створення таких засобів - пірометричних перетворювачів часткового випромінювання.

На основі залежності Віна для довжин хвиль випромінювання чорного тіла

$$M = C_1 \lambda^{-5} \exp(-C_2 / T \lambda),$$

(тут M - густина енергії теплового випромінювання, T – температура, λ - довжина хвилі, C_1 і C_2 - сталі), при умові застосування світловодної оптичної системи з чутливим елементом – кремнієвим фотодіодом і перетворенням потоку теплового випромінювання в електричний сигнал (напруга E) одержано пірометричне співвідношення, яке визначає номінальну статичну характеристику перетворювача:

$$E = \tau d^2 K \lambda_{\text{еф}}^{-5} \exp(-C_2 / T \lambda_{\text{еф}}),$$

де $\lambda_{\text{еф}}$ - ефективна довжина хвилі, яка характеризує випромінювальну здатність у певному діапазоні температур, K – коефіцієнт перетворення приймача випромінювання, τ і d - коефіцієнт та вхідна апертура світловода відповідно.

Перетворювач реалізований на фотодіоді ФД-256, а його експериментальна оцінка здійснена з використанням зразкового випромінювача типу АЧТ-2 (коефіцієнт чорноти випромінювання 0.99) у діапазоні температур 1200-1600 °K.

Результати експериментальних досліджень показали достатньо високу (в межах 90%) відтворюваність одержаних теоретичних залежностей.

МОДУЛЯЦІЙНА ПЕРЕДАТОЧНА ФУНКЦІЯ СИСТЕМИ “ОБ’ЄКТИВ – МАТРИЧНИЙ ПРИЙМАЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ”

*Гаврилюк А.І., Національний технічний університет України “Київський політехнічний
інститут” м. Київ, Україна*

Телевізійні (ТВ) системи займають важливе місце в оптико-електронному приладо-будуванні. Діапазон застосування таких систем постійно розширюється. Впровадження новітньої технології дає змогу підвищити якість зображення, що передається такими системами та зменшити габаритні показники. Від ТВ-систем вимагається висока якість зображення, точність та

надійність. ТВ-системи складаються, як правило, із таких основних елементів: оптична система (об'єктив), приймач випромінювання, аналогової та цифрової систем обробки відеосигналів, відеоглядового пристрою. Головними інформативними елементами ТВ-системи можна вважати об'єктив та приймач випромінювання. Останні 30 років в якості приймача випромінювання в таких системах використовують різноманітні матричні приймачі випромінювання (МПВ) (ПЗЗ-прилад з зарядовим зв'язком, ПЗІ- прилад з зарядовою інжекцією). Кількість чутливих елементів (пікселів) у таких МПВ досягає 10 мільйонів, а розмір чутливого елементу такої матриці – 5×5 мкм². Багато ТВ-систем працюють в умовах поганої видимості та з цілями (об'єктами), що знаходяться на великих відстанях. Саме для таких систем дуже важлива висока якість зображення. Якість зображення, сформоване системою, залежить від аберацій об'єктива та просторової дискретної структури пікселів МПВ. Тому при проектуванні ТВ-системи важливо знайти відповідне співвідношення між розмірами пікселів, зазорами між чутливими елементами сусідніх пікселів та радіусом кружка розсіяння об'єктива.

Якість зображення в ТВ-системі залежить від роздільної здатності системи. Для знаходження роздільної здатності системи необхідно знайти модуляційну передаточну функцію (МПФ) системи.

Для інваріантної системи МПФ можна записати у вигляді:

$$M_S = M_O \cdot M_D ,$$

де M_O – МПФ оптичної системи (об'єктива), або модуль оптичної передаточної функції (ОПФ) об'єктива; M_D – МПФ приймача випромінювання.

МПФ приймача випромінювання можна представити як:

$$M_D = \sum_{i=-n}^{i=n} \sum_{j=-m}^{j=m} M_{Dij} ,$$

де n, m – кількість сусідніх пікселів, сигнал яких перевищує шум; M_{Dij} – МПФ i, j -го пікселя МПВ.

При виведенні формули для розрахунку МПФ системи “об'єктив- приймач випромінювання” МПФ об'єктива бралось у вигляді гаусоїд обертання, МПФ атмосфери бралось рівним одиниці, чутливі елементи МПВ мали прямокутну форму.

Отриманий вираз МПФ системи “об'єктив- приймач випромінювання” дає змогу знайти необхідне співвідношення між розмірами пікселів, зазорами між чутливими елементами сусідніх пікселів та радіусом кружка розсіяння, що проектує об'єктив на чутливі елементи МПВ.

АВТОНОМНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДЕОКОНТРОЛЮ ТА ВІДЕОЗЙОМКИ

Балінський Є.Г., Редчук О.О, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут” м. Київ, Україна

На кафедрі оптичних та оптично-електронних приладів приладо-будівного факультету КПІ розроблено систему, що відноситься до охоронних систем контролю та відеоспостереження (СКВ) і може бути використана для автоматичного виявлення незваних гостей і документування несанкціонованого доступу в приміщення, що охороняються, а також при спеціальних видах відеозйомки.

СКВ призначена для захвату та запам'ятовування в енергонезалежній пам'яті зображень з телевізійних камер. Запис проводиться по сигналам від датчиків (наприклад, інфрачервоних датчиків руху), логіка захвату програмується. СКВ керується процесором, який складається з мікропроцесора, годинника реального часу, інтерфейсу датчиків проникнення, оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП), постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП), і запам'ятовуючого пристрою, що перепрограмується (ЗПП), контролера реєстрації зображень, інтерфейсу довготривалої пам'яті, інтерфейсу датчиків присутності. СКВ містить також перемикач камер, відеопідсилювач, пристрій аналого-цифрового перетворення, пристрій оперативної пам'яті, пристрій довготривалої пам'яті, в якості якого може бути використаний енергонезалежний запам'ятовуючий пристрій, що електрично витирається, накопичувач на жорсткому магнітному диску, або будь-який подібний пристрій достатньої швидкодії та ємності.

Управління системою здійснюється з використанням програми, записаної в ПЗП. СКВ працює спочатку в режимі виявлення. В цьому режимі з допомогою програми, записаної в ПЗП процесорного блоку, підтримується хід годинника і з заданим інтервалом контролюється через інтерфейс датчиків проникнення стан цих датчиків, розміщених на периметрі об'єкта, всі останні блоки системи не споживають енергію. У випадку порушення стану шлейфів мікропроцесор переводить систему в режим спостереження по заданим зонам відеоспостереження. Контролер реєстрації зображень при наявності вільних буферів зображення в оперативній пам'яті по чергово захоплює зображення з відеокамер, визначає яскравість і контраст зображення і при необхідності корегує характеристики відеопідсилювача, крім того, при недостатньому освітленні вмикає джерела інфрачервоного підсвітлення. Логіка обробки стану датчиків присутності і захвату зображень програмується в процесі конфігурування системи. При відповідності стану датчиків присутності або послідовності їх спрацювання заданим умовам, зображення з камери, параметри якого відповідають ситуації порушення з допомогою контролера запису зображень, оцифровується, запам'ятовується в оперативній пам'яті і записується в довготривалу пам'ять, як протокол подій.

УДК 621.391:53.08

КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЇ ОПТИЧНОЕЛЕКТРОНОЇ СИСТЕМИ З БАГАТОЕЛЕМЕНТНИМ ФОТОПРИЙМАЧЕМ

*Боровицький В.М., Кондратенко Д.Ю., Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут" м. Київ, Україна*

Запропонована комп'ютерна модель цифрової оптично електронної системи, яка дозволяє оцінювати просторову та енергетичну роздільну здатність після відновлення зображень за допомогою лінійних цифрових фільтрів. Згідно з даною моделлю тракт цифрової оптично електронної системи розглядається як сукупність таких елементів:

- Дифракційно обмежена оптична система - аналоговий фільтр низьких просторових частот.

- Багатоелементний фотоприймач зображення, який є аналоговим фільтром низьких просторових частот завдяки кінцевим розмірам його фоточутливих зон. Він виконує функцію просторового дискретизатора сигналу що пов'язано з двох вимірною дискретною структурою його фоточутливих зон. Також він додає до сигналу шумову складову, мінімальний рівень якої пов'язаний з фотонною структурою оптичного випромінювання, тобто фотонним шумом.

- Аналого-цифровий перетворювач переводить у цифрову форму амплітуду сигналу, що зчитується з кожної фоточутливої зони багатоелементного фотоприймача, додаючи шуми квантування амплітуди. Після аналого-цифрового перетворювача сигнал має форму матриці цілих значень.

- Лінійний цифровий фільтр, що забезпечує підсилення певних просторових частот. Передавальна характеристика лінійного цифрового фільтру задається таким чином, щоб компенсувати спотворення, які з'являються у оптично електронному тракті.

- Блок відновлення аналогового сигналу, що складається з цифро-аналогового перетворювача та лінійного фільтру низьких просторових частот. Цей блок перетворює матрицю цілих значень у аналоговий просторовий сигнал.

Комп'ютерна модель реалізована у вигляді програмного забезпечення - програми OES та файлів для програмного середовища MCAD. Розроблені програмні засоби дозволили мінімізувати спотворення сигналів у оптично електронному тракті при проектуванні оптично електронних систем.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИНОМОВ ЦЕРНИКЕ ПРИ АНАЛИЗЕ РЕФРАКЦИОННЫХ ОШИБОК ГЛАЗА

Молебный С. В. , Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут” м. Київ, Україна

В современных абберрометрах зависимость рефракционной ошибки от зрачковых координат $\Phi(\rho, \varphi)$ обычно выражают через функцию деформации волнового фронта $W(\rho, \varphi)$:

$$\Phi(\rho, \varphi) = -\rho^{-1} \times \frac{W(\rho, \varphi)}{\partial \rho}.$$

В свою очередь, функцию $W(\rho, \varphi)$ принято описывать с помощью ряда, состоящего из полиномов Цернике с соответствующими коэффициентами. Несовпадение оптической оси абберрометра с визуальной осью глаза приводит к появлению неконтролируемого наклона волнового фронта и, соответственно, коэффициентов при полиномах Z_1^{-1} и Z_1^1 . Попытка решения этой задачи в первых поколениях приборов простым обнулением этих двух членов приводила к неправдоподобно большому возрастанию значения рефракционной ошибки в центральной зоне. Для «косметической» коррекции функции в этой зоне ее вычисленные значения заменяли экстраполированными по значениям во внешней зоне, что не снимало проблемы корректности полученных результатов.

Нами предлагается решение, учитывающее различие между классическим представлением aberrаций и их представлением с помощью полиномов Цернике. Ортогональные на единичном круге aberrации, представленные этими полиномами, являются линейными комбинациями классических aberrаций. Как следствие, всякая кома Цернике содержит в себе часть классического наклона. Поэтому компенсации одних лишь компонент $Z_1^{-1}(\rho, \varphi) = \rho \sin \varphi$ и $Z_1^1(\rho, \varphi) = \rho \cos \varphi$ недостаточно, так как они содержат лишь часть классического наклона.

Для корректного решения задачи необходимо, получив разложение функции деформации волнового фронта по полиномам Цернике, подобрать коэффициенты при компонентах Z_1^{-1} и Z_1^1 таким образом, чтобы скомпенсировать все составляющие классического наклона, содержащегося в aberrациях комы по Цернике, т. е., в компонентах с угловой частотой -1 и 1 . Используя разложение лишь до радиального порядка, равного 5 или 6, аналитически эти требования можно записать в виде: $C_1^{-1} = 2C_3^{-1} - 3C_5^{-1}$ и $C_1^1 = 2C_3^1 - 3C_5^1$.

На примерах aberrаций реального глаза показаны преимущества предложенного метода перед методикой, используемой в настоящее время в рейтрейсинговом абберрометре *Tracey*, позволяющие корректно обрабатывать в центральной зоне результаты измерений рефракционных ошибок.

РЕЙТРЕЙСИНГОВЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ РЕФРАКЦИОННЫХ ОШИБОК ЗРЕНИЯ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Молебны й В. В. , Институт биомедицинской техники и технологий АТН Украины,
г.Киев, Украина, Чиж И. Г. , Сокурено В. М. , Национальный технический университет
Украины " Киевский политехнический институт ", г.Киев, Украина*

Лазерные методы коррекции зрения вызвали бурное развитие методов и аппаратуры измерения рефракционных ошибок. Широкое распространение получили два метода: метод прямого измерения волнового фронта с помощью датчика Хартмана-Шека и рейтрейсинговый метод. Датчик Хартмана-Шека удовлетворительно работает при невысоких уровнях аберраций, в сложных же случаях возможности этого метода ограничены. Обычно диапазон измеряемых аберраций составляет ± 3 диоптрии.

В 1996-1998 гг. при финансовой поддержке правительств Канады и Швеции нами был разработан рейтрейсинговый аберрометр, свободный от этих ограничений. Его принцип работы состоит в последовательном зондировании глаза пациента тонким лазерным пучком (диаметром порядка 0,3 мм), который вводится в глаз параллельно оптической оси прибора, покрывая последовательно во времени всю апертуру глаза. С помощью позиционно-чувствительного фотоприемника определяется пространственное положение проекции луча на роговице. Полный цикл зондирования всей апертуры глаза и приема излучения позиционно-чувствительным фотоприемником занимает около 0,02 с. (для сравнения: время измерения с помощью аналогичного прибора, созданного двумя годами позже в Испании, составляет 5 с). По полученным данным о поперечных аберрациях в дискретных точках апертуры строят непрерывную поверхность волнового фронта, из которой рассчитывают карту рефракционных ошибок, соответствующих аберрациям глаза.

Высокое быстродействие обеспечивается применением акусто-оптических дефлекторов с цифровым управлением положением луча с возможностью установки его в любое из 512x512 положений в апертуре глаза за 10 мкс.

Испытания прибора проводились в ведущих клиниках Украины, Греции и США. Новая модель прибора, разрабатываемая нами в кооперации с американской компанией Tracey Technologies, будет дополнена синхронным измерением профиля роговицы, что даст дополнительную информацию об аберрациях, вносимых роговицей. Применение для этих измерений метода рейтрейсинга обеспечит совместимость с данными о полных аберрациях. Будет также усовершенствована оптическая схема с лазерным излучателем ИК диапазона, в которой будет исключен целый ряд источников систематических ошибок.

ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВОЇ МІКРОСКОПІЇ У ДОСЛІДЖЕННЯХ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

*Долгов М. А. , Інститут проблем міцності Національної академії наук України,
м. Київ, Україна,*

*Боровицький В. М., Національний технічний університет України "Київський
політехнічний інститут ", м. Київ, Україна*

Однією з складних проблем при дослідженні механічних властивостей матеріалів є вимірювання подовжніх та поперечних деформацій при навантаженні зразків.

У більшості випадків така проблема вирішується за допомогою тензо-сенсорів, що суттєво ускладнює процедуру вимірювання, знижує її точність та пов'язане з значними економічними затратами.

Альтернативним шляхом є застосування методів цифрової мікроскопії на основі безконтактного вимірювання деформації зразків кореляційними методами.

Технологія вимірювання деформацій у даному випадку буде мати такий вигляд:

1. На крайові зони робочої частини зразка наводяться відео мікроскопи, що підключені до багатоканальної плати вводу телевізійного сигналу у комп'ютер.

2. Зображення крайових зон запам'ятовуються у цифровому вигляді як опорні зображення.

3. При навантаженні має місце деформація зразка та зміщення його крайових зон у полі зору відео мікроскопів.

4. Спеціальне програмне забезпечення виконує кореляційну обробку поточних та опорних цифрових зображень для кожної крайової зони та виводить графіки деформацій зразка у часі.

5. Розраховуються залежності деформації зразка від накладеного навантаження, які дозволяють проаналізувати механічні властивості матеріалу зразка.

До переваг наведеної технології вимірювання деформації слід віднести її високу точність, що обмежується дифракційною межею просторової роздільної здатності відео мікроскопів 0.5 - 1 мкм при розмірах робочої частини зразка 5 - 25 мм, та без контактність вимірювання, яка спрощує процедуру та зменшує отримання результатів. Але головною перевагою є потенційна можливість отримання даних про розподіл деформацій по поверхні зразка за допомогою алгоритмів по фрагментного кореляційного аналізу різних зон на поверхні зразка, що попадають у поле зору відео мікроскопу.

АБЕРАЦІЙНИЙ РОЗРАХУНОК ОПТИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ НА ЕОМ

Сокурєнко О. М., Київський оптико-механічний технікум, м. Київ, Україна, Сокурєнко В. М., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Автоматизований розрахунок оптичних систем (ОС) за алгебраїчним методом неможливий без використання програмного забезпечення для абераційного синтезу окремих типів оптичних компонентів. Успіх розрахунку всієї ОС в значній степені залежить від функціональних можливостей такого програмного забезпечення та від різноманітності типів компонентів, синтез яких можна здійснити.

Аналіз стану сучасного програмного забезпечення для проектування ОС вказує на достану розповсюдженість прикладних програм з аналізу і оптимізації ОС та на відсутність програмних інструментів для абераційного синтезу оптичних компонентів різних типів для існуючих марок скла.

В зв'язку з цим метою даної роботи була розробка алгоритмів і комп'ютерної програми для автоматизованого синтезу одно-, дво- і трилінзових склеєних та несклеєних ОС.

Вихідними даними синтезу всіх типів компонентів є задня фокусна відстань, світловий діаметр, основні абераційні параметри P і W та параметр хроматизму C . Для трилінзових систем потрібно додатково ввести параметр C_2 , що характеризує вторинний спектр, та дві додаткові довжини хвилі.

Закладений в програму математичний апарат враховує задані користувачем мінімальні значення товщини окремих лінз по осі і на краю, повітряні проміжки, а розроблені алгоритми забезпечують синтез лінз, що можуть бути фізично реалізовані.

Програма включає 14 каталогів скла провідних виробників оптичних матеріалів (*Schott, Corning, Hoya, Ohara, Sumita* та інші), які містять оптичні матеріали, призначені для роботи в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній областях спектру.

В результаті синтезу визначаються конструктивні параметри (радіуси, товщини, показники заломлення) і кардинальні параметри (фокусні відстані, фокальні відрізки, положення головних площин) складових лінз та оптичного компонента в цілому.

Таким чином, розроблені алгоритми і комп'ютерна програма “АСОК” дозволяють провести автоматизований абераційний синтез найбільш поширених оптичних компонентів з урахуванням реальних товщин лінз та конструктивних особливостей системи.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ДИФРАКЦІЇ ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ШОРСТКІЙ ПОВЕРХНІ В ЛАЗЕРНИХ ДИФРАКТОМЕТРИЧНИХ СИСТЕМАХ.

*Тимчик Г.С., Національний технічний університет України "Київський політехнічний
інститут" м. Київ, Україна*

Для безконтактного контролю геометричних параметрів деталей поряд з фотоелектричними, проєкційними та триангуляційними методами знаходять застосування й дифракційні методи контролю розмірів, що мають більш високу точність та надійність. при використанні відомих дифракційних методів контролю, деталь що контролюється розміщується в когерентному світловому пучку і по періоду осциляцій інтенсивності дифрагованого поля визначають її діаметр. при цьому вважається, що поле, дифраговане на циліндрі, еквівалентне полю, дифрагованому на тонкій смузі відповідної ширини.

Відповідно скалярній теорії дифракції задача дифракції монохроматичного когерентного випромінювання на шорсткій поверхні границі розділу двох середовищ зводиться до розв'язання рівнянь гельмгольца. існуює цілий ряд наближених методів за допомогою котрих можливо описати поле розсіяної хвилі за обумовлених обмежень. обмеження накладаються на величину та просторове розміщення мікронерівностей поверхні. в роботі розглянуто детально ці методи відповідно з топографією поверхонь, що формуються при різноманітних технологічних процесах металообробки. в якості еталона порівняння обрана синусоїдальна поверхня.

Розглянуті чотири метода розв'язання задачі дифракції, а саме: метод релея, метод дотичної площини, метод фур'є-оптики (є граничним випадком метода дотичної площини для малих в порівнянні з довжиною хвилі випромінювання висот мікронерівностей) і метод інтегрального рівняння. отримано аналітичні вирази, що описують амплітуду поля, що розсіюється поверхнею в n -му порядку дифракції і створено відповідні діаграми. порівняння діаграм вказує, що метод інтегрального рівняння є найбільш універсальним, так як практично повністю перекриває області, що відповідають сучасним технологічним процесам механообробки. проте аналітичний розв'язок, отриманий на базі цього методу, є найбільш складним для аналізу та численних розрахунків.

Метод Кірхгофа годиться для опису розсіювання на поверхнях, отриманих алмазним точінням, і частково, точінням, шліфуванням, фрезеруванням та електродуговою обробкою, тому що остання група поверхонь характеризується малими радіусами скруглень мікровиступів. площа застосування метода Фур'є-оптики повністю перекриває область алмазного точіння, і в граничних випадках, шліфування та полірування. більш придатним для останнього виду механообробки є метод малих збурень.

Обґрунтовано припущення та умови розв'язку задачі дифракції когерентного випромінювання на шорсткій поверхні деталі після

металообробки, котрі дозволили створити узагальнену аналітичну модель дифракційної задачі та розглянути методи її розв'язку, порівняльний аналіз яких вказав найбільш широкі області застосування метода інтегрального рівняння.

В залежності від допустимих обмежень, котрі накладають на величину та просторове розміщення мікронерівностей поверхні деталі розв'язано дифракційну задачу методами малих збурень, дотичної площини, малих нахилів та інтегрального рівняння, що дозволило отримати інженерні аналітичні залежності для розрахунків параметрів дифракційного поля. виконано порівняльний аналіз отриманих аналітичних залежностей дифракційних хвиль, що дозволило обґрунтувати області їх застосування в залежності від виду механічної обробки та параметрів шорсткості поверхні деталей. у відповідності з результатами проведенного аналізу було б доцільно виконати подальші дослідження метода кірхгофа з урахуванням вищих дифракційних поправок, оцінку котрих можливо отримати на базі метода інтегрального рівняння.

УДК 528

ОПТИЧНА НАСАДКА НА PZL

*Тарасенко М.І., Білецький Я.В., Київський національний університет
будівництва і архітектури, м. Київ, Україна*

Оптична насадка на прилад вертикального проектування (PZL) призначена для вимірювання перевищень безконтактним способом. Використання насадки дозволяє вживати PZL, як нівелір з компенсатором (самовстановлюваною лінією візування), причому величина перевищення фіксується за допомогою відлікового пристрою, змонтованого на самій насадці.

Оптична насадка на PZL складається з посадочного кільця, яке кріпиться на окулярній частині PZL, на якому закріплена направляюча планка. По направляючій планці переміщається платформа з пентапризмою, оснащена відліковим пристроєм у вигляді ноніуса з ціною поділки 0,05 мм. Переміщення платформи виконується за допомогою мікрометричного гвинта.

Зображення предметів в системі PZL-оптична насадка – пряме, що дуже зручно при виконанні нівелірних робіт. Для виконання високоточних робіт необхідно замінити сітку ниток PZL на спеціальну нівелірну.

Використання оптичної насадки на PZL дозволяє:

- виконувати візування на один і той же штрих рейки у всіх циклах спостережень, таким чином виключаються похибки нанесення штрихів рейок (марок);
- виконувати нівелювання по одно шкальним рейкам (маркам) при двох і більше горизонтах приладу, при цьому отримується незалежний і об'єктивний контроль вимірювання перевищення на станції;

- підвищити продуктивність праці спостерігача в процесі нівелювання, тому що при зміні горизонту приладу не потрібно змінювати положення штативу по висоті, а достатньо перемістити платформу з пентапризмою і зафіксувати величину переміщення.

Оптична насадка на PZL дозволяє успішно виконувати високоточні спостереження за осадками споруд безконтактним способом при монтажі прецизійного технологічного устаткування, а також ефективна при передачі висот через водні перешкоди та на великі відстані.

УДК 681.7:658.562.6

СТЕНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТИВОВ

Кучеренко О.К., Кравченко И.В., Безуглый М.А.

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",
м. Київ, Україна*

Важкой задачей оптического приборостроения является обеспечение качества сборки и последующей аттестации параметров качества изображения объективов. В цехах и лабораториях осуществляющих сборку сложных объективов важно оптимизировать этот процесс с целью получения наилучших результатов по качеству изображения. Это обуславливает необходимость проведения контроля в реальном масштабе времени в ходе сборочных операций. Регулируемыми параметрами объективов являются воздушные промежутки между компонентами, взаимная центровка компонентов посредством эксцентриковых оправ и т.п.

Не менее важно также произвести контроль качества изображения создаваемого собранными объективами с применением универсальных критериев качества и занесением измеренных характеристик в формуляр объектива. Рассматриваемый стенд позволяет решить обе поставленные задачи.

Принцип работы стенда основан на предложенном авторами методе измерения оптической передаточной функции (ОПФ) с применением в качестве анализатора изображения тест-объекта фотоприемного устройства на базе ПЗС-линейки Sony ILX-511. Достоинством метода является возможность оценки модуляционной передаточной функции объектива во всем диапазоне разрешаемых объективом пространственных частот.

Произведено обоснование оптической и функциональной схем стенда. Разработана математическая модель стенда и проанализированы основные источники погрешностей. Рассмотрены вопросы программного обеспечения и метрологической аттестации стенда. Предложено производить коррекцию систематических погрешностей стенда программными средствами путем введения корректирующих поправок в результаты измерений.

ОПТИЧНИЙ МІКРОМЕТР ДЛЯ ВИСОКОТОЧНОГО НІВЕЛІРА

*Тарасенко М.І., Київський національний університет будівництва і архітектури,
м. Київ, Україна*

В практиці високоточних інженерно-геодезичних робіт виникають необхідності контролювати положення об'єктів (наприклад технологічного устаткування) з точністю, яка характеризується похибками вимірювань порядку 0,1 мм і менше. Досягти такої точності серійними високоточними нівелірами практично неможливо, тому виникла необхідність розробки і створення більш точного оптичного мікрометра.

Запропонований оптичний мікрометр призначений для підвищення точності високоточного нівеліра до 5 мкм.

Конструктивно відліковий пристрій змонтовано разом з плоско паралельною пластиною, що дозволяє практично виключити похибки, пов'язані з передаточним механізмом від барабану мікрометра до плоско паралельної пластинки.

Суть конструкції оптичного мікрометра полягає в тому, що плоско паралельна пластина обертається навколо своєї вісі за допомогою двохплечого важеля, закріпленого на опорі. Для виключення люфту при переміщенні плоскопаралельної пластини двохважільний палець підпружинений.

Направлений рух двохплечий важіль отримує від мікрометричного гвинта при обертанні кремальєри мікрометра. Відліковий барабан має 100 поділок. Діапазон обертання відлікового барабана розрахований на 11 обертів, з яких 10 обертів є робочими.

Для досягнення точності відліку порядку 5 мкм барабан мікрометра виконано багато обертовим (10 обертів), при чому один його оберт відповідає переміщенню візирного променя на 0,5 мм (в відомих конструкціях високоточних нівелірів один оберт переміщує візирний промінь на 5 мм).

Конструкція запропонованого оптичного мікрометра проста в виготовленні (складає всього декілька деталей) та зручна в експлуатації. Таким мікрометром можна забезпечити серійні високоточні нівеліри, крім того, такий оптичний мікрометр можна виготовляти у вигляді насадки на нівелір або інший геодезичний прилад. В останньому випадку значно розширюються функціональні можливості базових приладів.

МЕТОДЫ СКАНИРОВАНИЯ ЗЕРКАЛОМ

Сенаторов Н.В., КП «ЦКБ «Арсенал», г. Киев, Украина

Подвижное зеркало, расположенное в параллельном ходе лучей между двумя оптическими системами, относится к особому классу сканирующих элементов. Особенность в том, что зеркало сканирует не в пространстве объектов, а между выходным зрачком одной системы и входным другой. При ограниченных размерах входного зрачка современная теория рекомендует размещать зеркало вблизи выходного зрачка, чтобы расхождение сканированных пучков было малым, и совмещать ось качания с точкой пересечения оптических осей систем. В процессе сканирования оптическая ось смещается в плоскости входного зрачка на величину $|L \tan 2\varphi|$, где L – удаление входного зрачка от оси качания, а φ – угол качания, и при малых значениях L и φ входной зрачок перекрывает это смещение.

В тоже время существует целый ряд оптико-электронных комплексов, где по конструктивным соображениям входной зрачок удалён от зеркала на значительное расстояние. Поэтому даже при небольших значениях φ сканированные лучи не заполняют его апертуру.

Цель данного исследования – разработка методов сканирования, позволяющих использовать оптические системы с минимальными размерами входного и выходного зрачков.

В первом методе ось качания зеркала совмещена с прямой, по которой пересекаются плоскости зеркала в его крайних положениях. При этом максимальное значение абсциссы точки, которая определяет смещение оптической оси в плоскости выходного зрачка после отражения от зеркала (т.е. апертуру выходного зрачка), определяется зависимостью: $x^{\max} = L (1 - \sec 2\varphi)$. Для нормированного значения $L = 1$ и $2\varphi = 45^\circ$ $x^{\max} = -0,41$.

Во втором методе сканирования ось качания совмещена с прямой, расположенной в области между оптическими осями выходного и входного зрачков систем. В этом случае $x^{\max} = 0,072$ при тех же условиях нормировки.

Очевидно, что при выборе того или иного метода сканирования надо исходить из условий эксплуатации комплекса. Первый метод целесообразен при разработке бортовых широкоугольных систем отображения информации, в которых необходима относительная свобода перемещения головы оператора. Второй целесообразен при разработке стендовой аппаратуры, где предъявляются высокие требования к качеству изображения, которое связано с относительным отверстием оптической системы.

ТЕПЛОВІЗІЙНА КАМЕРА НА БАЗІ МІКРОБОЛОМЕТРИЧНОЇ МАТРИЦІ

*Ємел'янов А.М., Лихоліт М.І., Полєжаєв В.В., Ріділа А.С., Саєнко І.Я.,
Сладкий А.М., Казене підприємство "Центральне конструкторське бюро "Арсенал",
м. Київ, Україна*

Інфрачервоні системи тепловачення в теперішній час одержують найбільше поширення в галузі військової техніки.

Однак, потреба в тепловізійних системах існує також і в багатьох галузях невійськового призначення.

З метою зниження витрат на розробку та виготовлення тепловізійних систем, виникає необхідність створювати не тільки модульні ряди тепловізійних систем, але і орієнтувати їх на тепловізійні системи подвійного застосування. Цьому призначенню найбільш відповідають тепловізійні камери на базі неохолоджуваних мікроболометричних матриць.

В теперішній час КП «ЦКБ «Арсенал» розроблює тепловізійну систему подвійного застосування з використанням мікроболометричної матриці на 320х240 елементів розкладання з метою використання як в різних галузях військової техніки, так і в галузях народно-господарського призначення.

Для перекриття потреб ряду напрямків народногосподарського і військового призначення, доцільно створювати ряд оптичних об'єктивів, в тому числі зі змінними кутами зору, створення яких потребує освоєння комплексу критичних технологій.

Для забезпечення останніх, КП «ЦКБ «Арсенал» освоєє комплекс технологій виготовлення оптичних систем з германію та металокераміки, в тому числі з застосуванням оптичних елементів з асферичними поверхнями вищих порядків та нові технології юстировки оптичних систем, непрозорих у видимій ділянці спектру.

В доповіді розглядаються результати абераційного розрахунку об'єктивів зі змінними кутами зору для тепловізійної системи на мікроболометричній матриці, а також дані тепловізійного каналу на мікроболометричній матриці візира з двоплощинною гіростабілізацією візирного променя та деякі результати натурних випробувань експериментального зразка.

Література:

- 1.Певцов Е.,Чернокожин В. Матричные ИК-приемники для малогабаритных тепловизионных систем, ж. «Электронные компоненты», №3, 2001г;
- 2.В.Г. Ерофеев,М.М. Мирошников. Перспективы использования ИК матриц в тепловидении, « Оптический журнал» , том 64, №2, 1997г.