

СЕКЦІЯ 2 ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

УДК 621

*Безъязычная В. В., студентка, Федорова Е. И., студентка
Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ РЕГИСТРАЦИИ С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ В КОЛОРИМЕТРИИ

Колориметрия, являясь областью оптических методов неразрушающего контроля, традиционно находит применение в химической, текстильной, пищевой, полиграфической промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, биологии и медицине. Используемые средства измерений - люксметры, фотометры, спектрофотометры, колориметры, обеспечивают диапазон измерений по яркости и освещенности пять-шесть порядков, номинальную ступень квантования по освещенности 0,1 лк, погрешность установки длин волн $\pm 1,0$ нм, суммарную погрешность измерений от 1 % до 15 %. Особенностью измерений цветовых характеристик объектов – первичных и вторичных излучателей, является одномерность, а, следовательно, продолжительность по времени, что не в полной мере отвечает современным требованиям науки и техники, в частности, когда приходится иметь дело с нестационарными процессами.

Эффективность и информативность колориметрических измерений может быть повышена путем одновременной оцифровки всей поверхности объекта, что достигается применением средств регистрации с высоким пространственным разрешением. Так как при этом используются условные шкалы, встроенные в системы управления цветом, возникает проблема обеспечения метрологической прослеживаемости и совместимости результатов измерений. Данная проблема может быть решена путем ссылки на стандартные образцы (источники опорного излучения, образцы с известными радиометрическими параметрами, цветовые пробы и т.д.) и дальнейшим проведением сличительного оценочного эксперимента в различных условиях прецизионности. Кроме того, учитывая ограниченность динамического диапазона (около трех порядков) регистрирующих матричных устройств, обусловленную их физической структурой, следует решить задачу расширения данного диапазона, что может быть достигнуто путем экстраполирования шкал яркости по трем цветовым каналам на основе допущения линейности свет-сигнальной характеристики матричного фотоприёмного устройства. Для этого предлагается выполнять регистрацию одного и того же объекта с различными выдержками, а затем осуществлять обработку полученных цифровых изображений в каждом цветовом канале отдельно, что позволит уменьшить методическую составляющую неопределенности измерений.

Научный руководитель: Савкова Е. Н., к. т. н., доцент

УДК 535.4

Власенко Ю. С., студентка, Колобродов В. Г., д. т. н., професор

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ПРОЕКТУВАННЯ ДИФРАКЦІЙНИХ ОПТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Традиційні сферичні лінзи не в змозі забезпечувати значну фокусну глибину, тобто перетворити широкий паралельний пучок світла в тонку лінію уздовж оптичної осі. Цю функцію можуть виконати аксікони. Однак, аксікони мають великі енергетичні втрати порівняно з дифракційними оптичними елементами, в яких відбувається тільки фазова модуляція вхідного пучка.

Розглянемо дифракційний метод проектування ДОЕ, який називається методом послідовної ітерації – збіжності (МПЗІ). Для одновимірного випадку візьмімо п'ять вхідних площин з реконструкції в одну лінію. Необхідний розподіл поля у цих площинах описується функцією Гауса. Ітерація проводиться за алгоритмом МПЗІ за початкову фазу обираємо фазу сферичної лінзи. В алгоритмі враховуємо явище, що розподіл поля в x_{0i} площині є результатом світлового поля в площині $x_{0,i-1}$, які пов'язані між собою рівнянням дифракції Френеля. Тому на першому етапі ітерації знаходиться розподіл інтенсивності на площині x_{0i} для того, щоб впливати на розподіл інтенсивності на наступній площині. Друга стадія починається із обчислення середньої фази усіх вхідних величин, яка приймається за вихідну (початкову) фазу перетворення із вхідної площини до першої вихідної площини. Таким чином ітерація відбувається до i -го періоду так, що n вихідних величин отримуємо після i -го періоду ітерації. Під час ітерації встановлюють обмеження $V_0 = |V(r)|$ для вхідної площини і $V_0(r_{0i}) = |V(r_{0i})|$ для i -ї вихідної площини. Процес закінчується значенням фази $\varphi_{doe}(r)$, яка забезпечила наближення $V_0(r_{0i}) \cong |V(r_{0i})|$ для усіх площин.

Розглянуто приклад застосування запропонованого методу для проектування ДОЕ, призначеного фокусування паралельного лазерного пучка у відрізок вздовж оптичної осі, тобто лінзу з великою фокусною глибиною.

Отже, МПЗІ дозволяє проектувати ДОЕ для керування хвильового фронту, який проходить через елемент. Головна властивість алгоритму МПЗІ полягає в тому що при розповсюдженні світла амплітуда поля в попередній площині впливає на амплітуду поля в наступній площині.

УДК 621

Гиль Н. Н., студентка,

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ОСВЕЩЕНИЯ

Инновации в перспективных областях, связанных со зрительным восприятием световой среды - светотехнике, фотометрии, колориметрии, фотобиологии, эргономике и медицине, а также повышение профессиональной ответственности при выполнении некоторых видов работ, с присутствующим действием опасных и вредных факторов, обуславливают более широкое понимание задач освещения. В настоящее время разработкой руководящих нормативных документов в данной области заняты Международная комиссия по освещению (CIE), Международная организация по стандартизации (ISO), Международная электротехническая комиссия (IEC), на региональном уровне - Европейский комитет по стандартизации (CEN). Всего насчитывается порядка двух тысяч действующих нормативных документов (включая национальный уровень различных стран). Анализ состояния нормативной базы в области освещения позволил выделить следующие направления ее развития:

1) стандартизация моделей, описывающих естественное освещение – «Стандартное небо CIE» (ISO 15469), «стандартный метод оценки спектрального дневного света» (ISO/CIE 23603), CIE 16-1970, ISO 15469, CIE S 013 и др.;

2) совершенствование моделей стандартного наблюдателя CIE для дневного (ISO 11664, CIE 19.22-1981, CIE 86-1990) и сумеречного зрения (в настоящее время имеется шесть пока нестандартизованных моделей), приведение в соответствие данных моделей - CIE 145:2002;

3) нормирование наружного освещения селитебных территорий и рабочих зон - CIE 154:2003, EN 12665, DIN 5035, ГОСТ 24940, строительных площадок ГОСТ 12.1.046 СНиП 23-05-95;

4) совершенствование требований к внутреннему освещению на рабочих местах с учетом специфики и повышения ответственности выполняемых работ (CIE 184:2009);

5) эргономические и фотобиологические аспекты освещения, учитывающие его спектральный состав - CIE S 009/D:2002, ISO 8995, CEI/IEC 62471/CIE S009/E:2006; CIE 134-1999;

6) уточнение правил выполнения светотехнических расчетов - EN 13032, ГОСТ 24940, CIE 13.3 – 1995.

Таким образом, создание освещения, адаптированного к трудовой деятельности, отдыху и проживанию людей предполагает совместное сотрудничество научных и производственных предприятий и измерительных лабораторий.

Научный руководитель: Савкова Е. Н., к. т. н., доцент

УДК 53.082.5

Голембовський О. О., студент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ВАРІОПТИЧНІ ЛІНЗИ З ЕЛЕКТРОННИМ КЕРУВАННЯМ ФОКУСНОЇ ВІДСТАНІ

Сучасна наука і техніка розвивається досить високими темпами і потребує як нових технологій так і нових винаходів. Важливим моментом у розвитку оптичної галузі стала поява нового оптичного елемента- лінзи, що виконана не зі скла , або інших відомих матеріалів, а утворена з двох контактуючих рідин

Принцип роботи такої лінзи пояснюється ефектом електрозмочування. Відомо, що дві рідини з різними коефіцієнтами змочуваності утворюють між собою чітку границю розподілу. Крапля рідини має здатність ставати абсолютно плоскою, при подачі на неї електричного струму. Компанія Varioptic запропонувала використовувати цей феномен для створення нового типу лінз, для цього заломлююче середовище, що складається із суміші води та олії розміщується в пластиковому контейнері, до якого підводяться електроди. Зміна фокусної відстані лінзи проводиться за допомогою напруги, що змушує лінзу змінювати свою форму, причому вода відповідає за стиск лінзи, а масло за її розширення. При розробці використовувався принцип людського ока, яке змінює довжину фокусу, змінюючи свою форму. Нова система лінз складається з двох рідких середовищ з різним коефіцієнтом заломлення- електропровідної рідини і масла як ізолятора, поміщених у щось на зразок трубки.

Приведені розрахунки та графіки МПФ та функції передачі енергії таким елементом, в залежності від фокусної відстані та апертурного кута.

Застосування такого елемента в приладі може суттєво зменшити вартість, габарити та покращити вихідні характеристики, так як така лінза не потребує механізмів для перефокусування та юстування. Перефокусування здійснюється набагато швидше ніж у будь-якої лінзи з механічними елементами(5 мкс).

Перспективним є використання такого оптичного елемента у системах відеоспостереження, медичних приладах та системах, або навіть як об'єктив у мобільному телефоні.

Розглядається можливість застосування такої лінзи в медичному рефрактометрі, для більш швидкого та точного фокусування променя на сітківці ока пацієнта.

Ключові слова: електрозмочування, Varioptic

Науковий керівник: Чиж І. Г., д. т. н., професор

УДК 681.7.066.35

Голюк І. В., студент, Колобродов В. Г., д. т. н., професор

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ПРОЕКТУВАННЯ АСФЕРИЧНИХ ЛІНЗ ФРЕНЕЛЯ ІЗ СФЕРИЧНИМ ПРОФІЛЕМ

У сучасному світі лінзи Френеля знайшли широке застосування у багатьох сферах діяльності людини, зокрема необхідно відмітити їх використання у датчиках руху для охоронних систем, де вони являються незамінними, оскільки можуть бути частиною корпусу і забезпечувати різні території перекриття в залежності від типу застосованої лінзи.

В основу методу проектування таких лінз лежить перетворення паралельного пучка променів у промені, що збігаються в заданому фокусі, і полягає у використанні закону Снеліуса для визначення профілю канавок на одній зі сферичних поверхонь лінзи. В результаті отримаємо лінзу Френеля з канавками постійної ширини та змінної глибини. Метод постійної ширини канавок дозволяє точно визначити положення вершини кожної канавки і спростую математичні обчислення.

Проектування відбувається у наступному порядку. Розробник приладу задає фокусну відстань лінзи, радіуси сферичних поверхонь і показник заломлення матеріалу. Спочатку обираємо із технологічних міркувань ширину канавок достатньо великого розміру для зменшення впливу дифракційних ефектів. Поверхню лінзи розбиваємо на концентричні канавки з плоскою основою, до яких застосовуємо закон Снеліуса. Кожна канавка має різні фокусні відстані у поперечному перерізі. Вилучаємо найбільші розбіжності у фокусних відстанях методом наближення дна плоскої канавки до асферичної лінзи. Розраховується кут нахилу поверхні кожної канавки для узгодження її із зовнішньою сферичною поверхнею. Кут нахилу асферичної поверхні дна канавки визначається похідною функції, що визначає її профіль.

Таким чином, друга поверхня лінзи складається із асферичних канавок, вершини яких розміщені на сферичній поверхні.

Еталонна лінза Френеля виготовляється методом алмазного точіння.

Для покращення технології виготовлення лінзи Френеля жолобок (поверхня) кожної канавки має кут нахилу 1° і радіус заглиблення канавки 2 мкм. Це покращує процес механічної обробки поверхні та процес лиття під тиском.

УДК 681.7

*Грицаєва Д. О., студентка, Демчук П. Г., студент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

МЕТОД АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПЛАТОСПРОМОЖНОСТІ ПАПЕРОВИХ ГРОШЕЙ

Гроші - це особливий товар, що є загальною еквівалентною формою вартості інших товарів. З найдавніших часів грошми були різні товари: від хутра тварин до благородних металів. Перші паперові гроші на території України з'явилися у 1917 році.

Попри свою цінність, паперові гроші мають властивість зношуватись в результаті довготривалого користування. Купюри можуть забруднюватись, м'ятись, вицвітати, розриватися тощо. За деякими даними, дрібні купюри знаходяться в обігу усього 5-8 місяців, після чого вони стають непридатними для подальшого використання. Купюри можуть забруднюватись, м'ятися, вицвітати, розриватися тощо. Зношеність купюр у кожній країні визначається спеціалістами центрального банку методом візуального контролю, або за допомогою певних оптико-електронних приладів. Банками різних держав розроблено ряд ознак, по яких визначається платоспроможність паперових грошей. Нами проведено аналіз цих ознак для валют, що прийняті в різних країнах світу, зокрема в Євробанку, Центробанку Росії та Федеральному резервному банку США.

В роботі запропоновано метод автоматичного контролю зношеності купюр, що дає змогу позбавитись суб'єктивного фактору оцінювання та прискорює процес визначення платоспроможності грошей. В основу методу покладено сканування купюри з подальшим визначенням ознак зношеності за певними критеріями. Критерії, по яких оцінюється зношеність, можна змінювати програмним способом відповідно до вимог, що висуваються до тої чи іншої валюти.

Розроблений нами сканер містить оптичний блок та вузол швидкого транспортування купюри, що дозволяє мінімізувати її пошкодження при переміщенні всередині приладу. Сканер приєднується за допомогою USB порту до комп'ютера, де за допомогою розробленого нами програмного забезпечення відбувається обробка зображення. На виході сканера передбачено схему сортування платоспроможних та зношених купюр.

Ключові слова: платоспроможність, гроші, зношеність, сканер

Науковий керівник: Богатирьова Г. В., к. ф.-м. н., доцент

УДК 621.384.3

*Даниленко О. М., студент, Колобродов В. Г., д. т. н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

РІВНЯННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ДАЛЬНОСТІ ДІЇ КООРДИНАТОРІВ З МАТРИЧНИМИ ПРИЙМАЧАМИ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Координатор – оптично-електронний прилад (ОЕП), призначений для визначення положення ракети-носія відносно цілі, визначення кута розузгодження між ракетою та ціллю. Сучасна перспектива розвитку даних ОЕП полягає у використанні матричних (багатоелементних) приймачів випромінювання (МПВ) в своїй конструкції.

Одним з найважливіших показників роботи координаторів є максимальна дальність дії.

Нами було отримано рівняння для розрахунку максимальної дальності дії координаторів з МПВ з врахуванням порогової освітленості вхідної зіниці ОЕП, яке має вигляд:

$$R_{\max} = \left[\frac{\sqrt{N} \int_{\Delta\lambda} I_e(\lambda) \tau_o(\lambda) d\lambda}{NEI} \right]^{\frac{1}{2}},$$

де N – кількість елементів матриці, $I_e(\lambda)$ – спектральна сила випромінювання цілі, $\tau_o(\lambda)$ – спектральний коефіцієнт пропускання оптичної системи, NEI – освітленість еквівалентна шуму, $\Delta\lambda$ – спектральний діапазон роботи.

Також було отримано рівняння для розрахунку дальності дії координаторів з сучасними МПВ третього покоління, що вимагають глибокого охолодження, з врахуванням температурної роздільної здатності ОЕП:

$$R_{\max} = \frac{1}{k_A} \ln \left(\frac{\Delta T}{NETD} \right) = \frac{1}{k_A} \ln \left(\frac{\Delta T \cdot \varphi(\lambda, T_b) \cdot \tau_o \cdot \sqrt{t_k \cdot \eta \cdot a \cdot b}}{\sqrt{2E_p} f^\#} \right),$$

де k_A – коефіцієнт ослаблення атмосфери, ΔT – різниця температур цілі та фону, $NETD$ – еквівалентна шуму різниця температур, $\varphi(\lambda, T_b)$ – спектральний склад випромінювання фону, τ_o – коефіцієнт пропускання оптичної системи, t_k – період кадру, η – квантова ефективність приймача випромінювання, a, b – розміри чутливого елемента МПВ, E_p – освітленість вхідної зіниці, $f^\#$ – діафрагмове число ОС.

В подальшому необхідним є розробка рівнянь для розрахунку координаторів з МПВ інших типів (тепловими, QWIP-приймачами).

УДК 620.179

Данилко О. М., студент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна

ОПТИЧНИЙ МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ НАПРУЖЕНЬ У НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МАТЕРІАЛАХ

При виготовленні напівпровідникових деталей виникає проблема контролю наявності напружень у них. Для вирішення цієї проблеми пропонується оптичний метод який базується на явищі оптичної анізотропії.

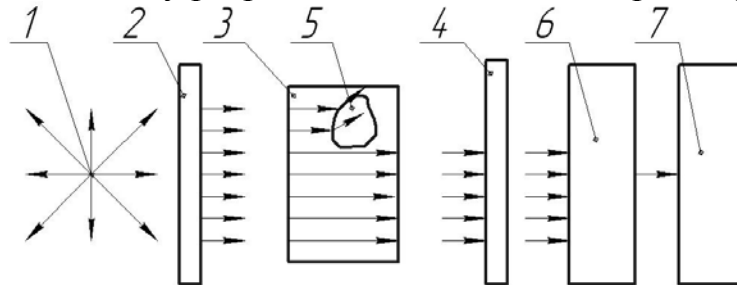
Явище штучної оптичної анізотропії при деформаціях використовують для виявлення внутрішніх залишкових деформацій, які можуть виникати внаслідок порушення технології їх виготовлення.

При наявності напружень показник заломлення буде змінюватись за формулою

$$n_x = n_0 + \frac{1}{2} n_0^3 \cdot p \cdot \sigma, \quad (1)$$

де n_x – змінений показник заломлення, n_0 – початковий показник заломлення, p – показник, який характеризує даний об'єкт, σ – величина напруження.

Для реалізації методу розроблена така схема контролю (рис.1)



1 – джерело інфрачервоного випромінювання; 2 – поляризатор; 3 – напівпровідник; 4 – аналізатор; 5 – напруження або дефект; 6 – електронно-оптичний перетворювач; 7 – блок обробки інформації.

Рис.1 схема контролю поляризаційна.

При такій системі інфрачервоне випромінювання поляризується, проходячи через поляризатор. Випромінювання, проходячи через напівпровідник в тих частинах, де наявні напруження чи дефекти, буде заломлюватись в зв'язку з тим, що в тих місцях структура порушена, тобто більш або менш щільна. І ці хвилі уже будуть мати іншу поляризацію по відношенню до тих які пройшли через інші ділянки. Завдяки цьому на аналізаторі ми зможемо побачити таку картину, що в місцях, де є порушення структури, будуть темні плями. Завдяки сучасним засобам оптико електронної техніки це можна зафіксувати для подальшого вивчення і аналізу.

Науковий керівник: Боднар Р. Т., к. т. н., доцент

УДК 535.241.63

*Дідух Н. І., студентка, Міхеєнко Л. А., к. т. н., доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

ДИFUЗНА МАТРИЦЯ НА ОСНОВІ НАД'ЯСКРАВІХ СВІТЛОВИПРОМІНЮЮЧИХ ДІОДІВ

Результатом інтенсивного розвитку технологій в сфері виготовлення світловипромінюючих діодів (СВД) стало розширення сфери їх використання, зокрема вдосконалення характеристик СВД надало перспективи їх використанню в метрології.

Великий інтерес становить використання сучасних СВД для створення полей яскравості великої потужності і однорідності. При цьому виникає можливість змінювати вихідну яскравість в заданому динамічному діапазоні (до 10^5) практично без змін спектральної характеристики.

Метою даної роботи є дослідження можливості та доцільності використання СВД при створенні дифузних випромінювачів змінної яскравості, які широко застосовуються в вимірювальній радіометрії, наукових дослідженнях, установках для калібрування прецизійних оптико-електронних приладів, в тому числі цифрових відеосистем (ЦВС).

В ході роботи була розроблена математична модель дифузної матриці (ДМ) на основі СВД і проведене її теоретичне дослідження з наступних питань:

- вибору та аналізу СВД по типу індикатриси випромінювання;
- вибору розсіюючого елемента (молочного скла);
- взаємного розташування СВД в ДМ та їх розташування відносно розсіюючого елемента;
- методики розрахунку розподілу освітленості від СВД-матриці;
- формування зображення розсіюючим середовищем.

Також в роботі приведений порівняльний огляд параметрів та характеристик сучасних СВД.

На основі запропонованої моделі були розроблені експериментальні зразки дифузних матриць тв. Проведені їх експериментальні дослідження, які показали гарне підтвердження теоретичних результатів.

Дана робота буде цікавою спеціалістам в галузі прецизійної радіометрії та калібрування прецизійних ЦВС.

Ключові слова: прецизійна радіометрія, калібрування ЦВС, дифузна матриця, СВД-матриця.

УДК 528.7:629.78

*Зозуля І. Л., студентка, Міхеєнко Л. А., к. т. н., доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ АБСОЛЮТИЗАЦІЇ РАДІОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Однією з важливих проблем розробки та експлуатації оптико-електронних систем дистанційного зондування Землі є вимірювання їх енергетичних характеристик в абсолютних одиницях. Для цього, зазвичай, використовуються еталони, повірочні схеми та елементи, що відтворюють одиницю спектральної густини енергетичної яскравості (СГЕЯ). На жаль, в Україні є певні труднощі щодо вирішення цієї задачі, пов'язані з ідстунічттю або недостатнім рівнем зазначених елементів.

Метою роботи є огляд, та енергетичний аналіз метрологічних елементів передачі одиниці СГЕЯ в системі калібрування вітчизняних зондувальних пристроїв.

Зокрема, було розглянуто повірочні схеми та еталони – означення, класифікація, характеристики і параметри; основні радіометричні еталони і схеми для діапазону 0,3-3 мкм; порядок передачі радіометричних величин, проведено пошук і аналіз елементної бази системи переносу одиниць СГЕЯ, що включають: світловимірювальні лампи, стрічкові лампи, галогенні лампи, монохроматори та приймачі випромінювання.

По даним аналізу було вибрано декілька світловимірювальних ламп, монохроматор та декілька приймачів випромінювання (фотоелектронних помножувачів), які найбільше враховують вимоги до вимірювальних установок передачі енергетичних одиниць вимірювання, а саме СГЕЯ. Для них було проведено повний енергетичний аналіз системи, на основі розрахунків отримано відношення сигнал/шум.

Завдяки проведеному аналізу було розроблено рекомендації по використанню світловимірювальних ламп з різними приймачами випромінювання у системі передачі одиниці СГЕЯ.

Робота буде цікава спеціалістам в області оптичної радіометрії і метрології, розробникам систем дистанційного зондування Землі нового покоління.

Ключові слова: оптична метрологія, метрологічне забезпечення, світловимірювальні лампи, енергетичний аналіз.

УДК 535.422

*Колтун З. М., студентка, Чиж І. Г., д. т. н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

ВИМІРЮВАЧ ПАРАМЕТРІВ КОНОЇДА ШТУРМА ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОКА ЛЮДИНИ

Ідеальна оптика схематичного ока відрізняється від людського ока, представленого живими тканинами. До основних недосконалостей належать: дифракція, сферична аберація та фізіологічний астигматизм. Теоретичною моделлю ходу променів в астигматичному оці вважають коноїд Штурма, який приблизно відображає структуру астигматизму в оці. Промені, що потрапляють всередину ока утворюють область коноїда Штурма. Кожну точку очного дна можна розглянути як самостійне джерело світла, від якого промені виходять через зіницю в простір перед оком. Промені, що падають в око, перетинаються не в точці, а в широкій фокусній області (клінічному фокусі), а промені, відбиті від очного дна, перетнуться в просторі перед оком. Положення цієї зони залежить від ступеню клінічної рефракції.

Головною задачею данної роботи є аналіз перспектив та стану проблеми в області дослідження ока на геометричні параметри та розгляд існуючих методів перевірки параметрів коноїда Штурма.

В роботі проведено огляд існуючих методів дослідження ока та розглянуто питання практичної реалізації оптико-електронного приладу, здатного відновлювати функцію розсіювання точки та досліджувати око на геометричні параметри.

В результаті проведення огляду стану проблеми було виявлено, що зміна ходу променів, що вийшли з ока, впливає на геометричні параметри коноїда Штурма. Це пов'язано зі спазмом акомодативних м'язів (міопія), втратою еластичності кришталика (гіперметропія), викривленням поверхні рогівки або поверхонь кришталика (астигматизм). Прямих аналогів вимірювача параметрів коноїда Штурма не було виявлено, але до посередніх можна віднести aberометри. Прилади здатні працювати по принципу аналізу хвильового фронту, відображеного від сітківки світла; відтворити карти хвильових та рефракційних аберацій оптичної системи ока.

Ключові слова: коноїд Штурма, глибина фокусної області ока, aberометр, псевдо акомодативність

УДК 621.384.3

*Косолапова А. И., студентка, Колобродов В. Г., д. т. н., профессор
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВИЗОРОВ НА МИКРОБОЛОМЕТРИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕ В МЕДИЦИНЕ

Тепловизоры широко применяют в промышленности, строительстве, энергетике, охранных системах, а также в медицине. Температура является одним из важнейших параметров состояния биологических систем. Тепловизор регистрирует распределение температуры на поверхности кожи, поэтому обследование тела человека с помощью инфракрасного (ИК) излучения позволяет оценить и детально проанализировать состояние периферического кровообращения как важного диагностического критерия.

Регистрация тепловых портретов биологических систем является одной из сложных задач. Использование контактных термометров имеет ряд ограничений из-за их инерционности и влияния на объект измерений, поскольку перед контактом с объектом измерения термочувствительный элемент предварительно нагревают до температуры, достаточной для создания эффекта теплового раздражения кожного покрова.

Наиболее совершенным способом регистрации пространственного распределения температур является метод ИК термографии. Этот метод не вносит погрешности измерений в условиях действия электромагнитных излучений, поэтому может применяться для регистрации динамики разогрева биологических объектов непосредственно во время действия электромагнитных излучений. Метод ИК диагностики абсолютно безвреден для человека, так как в его основе лежит принцип регистрации температурных распределений по собственному тепловому излучению объектов.

Показано, что неохлаждаемые микроболометрические матричные ИК системы, работающие в спектральном диапазоне 8-12 мкм, могут с успехом применяться для диагностики воспалительных и сосудистых заболеваний нижних конечностей. Диагностические комплексы на основе неохлаждаемых матричных ИК камер, будучи в 2-3 раза дешевле по сравнению с охлаждаемыми ИК системами, могут найти широкое применение для профилактических обследований пациентов с целью выявления сосудистых патологий.

Ключевые слова: тепловизор, микроболометрическая матрица, диагностика

УДК 629.78

*Котляренко Т. В., студентка, Михеенко Л. А., к. т. н., доцент
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

СИСТЕМА АБСОЛЮТИЗАЦИИ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА БАЗЕ ГАЛОГЕННЫХ ЛАМП С РАССЕИВАТЕЛЕМ

Одной из основных задач современной прецизионной радиометрии является абсолютизация измерений и связанная с ней калибровка эталонных излучателей в абсолютных единицах.

В последнее время для калибровки прецизионной радиометрической аппаратуры по яркости наиболее часто используются ленточные светоизмерительные лампы с телом накала в виде вытянутой прямоугольной площадки. Наряду с очевидными преимуществами, такие излучатели имеют серьёзные недостатки - неравномерность распределения яркости по телу накала в изменении этого распределения в процессе эксплуатации. В связи с этим всё более актуальной становится задача замены ленточных ламп другими излучателями, улучшенными метрологическими характеристиками. В частности, как наиболее перспективные, рассматривают галогенные лампы с рассеивателями.

Авторами разработана физико-математическая модель галогенной лампы с рассеивателями из молочного стекла, которая может использоваться как рабочий эталон или образцовое средство измерения при абсолютизации радиометрических измерений в видимой и ближней ИК областях спектра. Метрологический анализ такой системы и её экспериментальное исследование на оригинальной установке показали, что по своим характеристикам она существенно превосходит аналогичные устройства на базе ленточных ламп. В частности система из галогенной лампы КГМ 30-300-2 с молочным стеклом МС-23, расположенном вплотную к колбе лампы, обеспечивала рабочую зону с размерами не менее 18x30 мм при неравномерности не более 0,1%.

В дальнейшем предполагается провести комплексное исследование рабочего эталона яркости на базе галогенной лампы с использованием разработанной авторами установки.

Результаты работы будут показаны специалистам в области разработки и эксплуатации радиометрического оборудования.

Ключевые слова: оптическая радиометрия, рабочие эталоны яркости, экспериментальные исследования.

Кривенко А. А., студент

Киевский национальный технический университет

«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ЭКСПРЕСС ДИАГНОСТИКИ ЗУБНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЧЕЛОВЕКА

Из-за не правильности подхода к лечению или не правильного диагноза, возможен очень негативный результат, который может повлечь поражение и потерю как больного зуба так и здорового, рядом находящегося. Кариес - одна из самых распространенных хронических болезней людей во всем мире. В большинстве индустриально развитых странах болеет 60%-90% детей школьного возраста подвержены заболеванию. Распространенность среди взрослых еще выше, а в некоторых странах болезнь затрагивает почти 100 % населения.

В течение прошлых тридцати лет существенные изменения произошли в образце болезни. Прогрессия кариеса эмали теперь медленнее. Во время ранних стадий болезни процесс обратим и может быть задержан: неразрушающее вмешательство может преобразовать повреждение от активного до бездействующего. Доктор должен быть в состоянии контролировать результат неразрушающего контроля и в случае чего принять своевременное решение вмешаться, используя минимально агрессивные методы, не ухудшая при этом состояния зуба.

Консервативный подход к клиническому обнаружению зубного кариеса, требовал много критики к оценке новых современных методов, используемых сегодня для обнаружения кариозных повреждений.

Преимущества цифрового определения:

- Быстрый и экономичный процесс диагностики
- Определять заболевание на ранних стадиях
- Отсутствие проблем при различных условиях освещения
- Отсутствие «человеческого фактора»
- Вся необходимая информация может храниться в цифровом виде.

Существующие приборы помимо выше перечисленных параметров отвечают требованию определять заболевание с высокой вероятностью на большинстве стадий развития. Но они являются стационарными и используются в стоматологических кабинетах с квалифицированным персоналом. По этому появляется надобность в определении метода экспресс диагностики кариеса и иных заболеваний ротовой полости в «полевых» условиях. В местах где часто проводятся диагностики: учебные и исправительные заведения. И возможности использования низкоквалифицированным персоналом.

Ключевые слова: кариес, оптические методы неразрушающего контроля.

Научный руководитель: Михеенко Л. А., к. т. н., доцент

УДК 535.4

Кучеренко І. В., студентка
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна
АНАЛІЗ ІНТЕРФЕРОГРАМ ТА СПЕКТРІВ
ФУР'Є-СПЕКТРОМЕТРА

Головним завданням спектроскопії є дослідження спектрів випромінювання та поглинання різноманітних джерел та речовин з метою визначення їх складу, структури, параметрів тощо.

Фур'є-спектрометри – це модуляційні спектральні прилади, в яких для отримання спектру необхідно виконати зворотнє перетворення Фур'є експериментально зареєстрованого сигналу – інтерферограми.

В роботі описано метод реєстрації оптичних спектрів, що використовує запис інтерферограми з подальшим перетворенням Фур'є.

Виконано моделювання роботи Фур'є-спектрометра, зокрема розраховані та графічно представлені інтерферограми для монохроматичного джерела випромінювання та для поліхроматичного, сформованого сукупністю окремих монохроматичних компонент. Знайдено залежності інтенсивності випромінювання гелій-неонового лазера та ртутної лампи (видимий діапазон) від частоти, як Фур'є-перетворення отриманих інтерферограм.

Проведено порівняння апаратної функції Фур'є-спектрометра з прямокутною та трикутною функціями аподизації інтерферограми, в результаті чого встановлено наступне. При використанні трикутної функції аподизації бічні максимуми, які не несуть фізично значимої інформації, зменшуються в 4 рази, а від'ємних екстремумів взагалі немає. Проте пригнічення бокових пелюсток Фур'є-образу інтерферограми завжди призводить до розширення максимуму апаратного контуру. Тому зниження витоку інтенсивності в бокові пелюстки і, тим самим, збільшення світлосили приладу, досягається ціною погіршення розділення.

Розглянуто вплив плоско-паралельної пластини, як вісьового диспергуючого елемента, на розділення Фур'є-спектрометра при введенні її в одне з плечей інтерферометра. Побудовано графіки спектрального розподілу інтенсивності випромінювання з та без врахування плоско-паралельної пластини. Проведено порівняння впливу плоско-паралельної пластини та діапазону переміщення рухомого дзеркала на роздільну здатність Фур'є-спектрометра.

Ключові слова: Фур'є-спектрометр, інтеферограма, функція аподизації, апаратна функція, спектральний розподіл.

Науковий керівник: Богатирьова Г. В., к. ф.-м. н., доцент

УДК 535.016

*Кучинский А. А., студент, Колобродов В. Г., д. т. н., профессор
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

МНОГОСЛОЙНЫЕ ПРОСВЕТЛЯЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ С ЭКВИВАЛЕНТНЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

В настоящее время для линз и окон почти всех оптических приборов (ОП) используются просветляющие покрытия. При создании ОП, работающих в широкой спектральной области, где толщины компонентных пленок сравнимы с длиной волны, эквивалентный показатель преломления становится постоянным и, в зависимости от структуры комбинации пленок, принимает любое значение между показателями преломления компонентных пленок. При этом эквивалентная фазовая толщина примерно равна сумме фазовых толщин компонентных пленок.

Используя периодическую структуру из повторяющейся соответствующим образом рассчитанной трехслойной комбинации пленок, можно построить систему любой фазовой толщины на любой заданной длине волны и с любым показателем преломления, которая в широкой области длин волн будет иметь такие же оптические свойства, как одна реальная пленка.

Просветляющие неоднородные покрытия обладают очень малым отражением во всем интервале толщин каждой из компонент. Непосредственно изготовить такие покрытия невозможно из-за отсутствия материалов с необходимыми показателями преломления. Такие покрытия могут быть осуществлены с помощью многослойной комбинации из двух материалов (для просветления германия используются только пленки германия и фторида магния).

Нами было показано, что спектральный интервал эффективности системы можно сделать довольно широким, выбирая достаточно малую фазовую толщину основного периода. Ограничивающим фактором является величина дисперсии показателей преломления компонентных пленок в рассматриваемой области спектра. В настоящее время материалы, применяемые для изготовления просветляющих покрытий, имеют почти постоянные показатели преломления; в интервале от 5 до 9 мкм дисперсия оказывает даже благоприятный эффект. Производство покрытий этого типа требует удобных и точных методов контроля толщины пленок.

Ключевые слова: просветляющие покрытия, периодическая структура.

УДК 535.4

Кучугура Є. О., студентка
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна
ВУЗОЛ КЕРУВАННЯ П'ЄЗОДЗЕРКАЛОМ В СХЕМІ
ІЧ-ФУР'Є-СПЕКТРОМЕТРА

ІЧ-Фур'є-спектроскопія – це спектроскопія, яка проводиться в інфрачервоному діапазоні випромінювання за допомогою перетворення Фур'є. Це сучасний метод аналізу в інфрачервоній області спектру. Зразок, крізь який проходить випромінювання, поглинає частину світла, а частину пропускає. Отриманий спектр поглинання чи пропускання є унікальним для кожної окремої речовини. Дві різні молекули не можуть дати однаковий спектр, так само як, не існує двох однакових відбитків пальців.

Основним елементом фур'є-спектрометра є інтерферометр Майкельсона, в якому одне дзеркало фіксоване, а інше може зміщатися на невелику відстань (порядку 2 мм). Кінцевий сигнал – інтерферограма, що має унікальну властивість - результат обробки даних (як функція положення рухомого дзеркала) містить інформацію про всі частоти, поглинуті чи пропущені об'єктом дослідження.

Метою роботи є розробка вузла керування рухомого дзеркала, яке виконане у вигляді п'єзодзеркала, його виготовлення та проведення досліджень. Дзеркало повинно відхилятися на відстань, достатню для отримання різниці фаз ($\lambda/2 \dots 2\lambda$), живлення блоку керування повинно не перевищувати 200В, 50Гц.

Розроблена принципова електрична схема блоку керування п'єзодзеркалом. Схема базується на мікроконтролері АТМЕГА8, який керує відхиленням дзеркала за допомогою широтно-імпульсної модуляції. Запропоноване рішення дозволяє змінювати різницю фаз в кінцевій інтерферограмі або на фіксоване значення, або за довільним законом (прямокутні, пилоподібні імпульси, синусоїдальний сигнал та ін.)

Ключові слова: Фур'є-спектрометр, п'єзодзеркало, інтерферограма, спектральний розподіл.

Науковий керівник: Кондратенко Д. Ю., асистент

УДК 535.42

*Кучугура І. О., студентка, Колобродов В. Г., д. т. н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

СТЕНД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ІНТРАОКУЛЯРНИХ ЛІНЗ

Досягнення сучасної офтальмохірургії дозволяють швидко й без будь-яких ускладнень замінити помутнілий природний кришталик людини штучним – інтраокулярною лінзою (ІОЛ). Якість зображення, що дає ІОЛ, не поступається якості зображення, створеного нормальним природним кришталіком, і може навіть перевершувати його. У зв'язку з постійним ускладненням конструкцій ІОЛ подальшого розвитку вимагають експериментальні дослідження основних характеристик, притаманних ІОЛ. Для їх здійснення потрібні інноваційні потужні системи тестування.

Найважливішою характеристикою є сила ІОЛ, яка відображає її здатність фокусувати зображення на сітківці. Вимірявши ефективну фокусну відстань (ЕФВ) зразка, можна розрахувати і його силу. ЕФВ можна виміряти в повітрі або в місці використання моделі ока згідно з ISO 11979. Важливою складовою оцінки якості ІОЛ є аналіз оптичних аберацій, шляхом дослідження хвильового фронту. У результаті аналізу можна отримати інформацію про сферичну аберацію, кому, астигматизм, дефокусування і кривизну поля. Вимірювання хвильового фронту дає також можливість визначити відхилення від конструкції лінзи. Ще одним параметром, необхідним для характеристики ІОЛ, є функція передачі модуляції. Вона може бути виміряна безпосередньо на основі аналізу функції розсіювання точки або лінії, або шляхом розрахунку його з вимірюваного хвильового фронту.

Оптична установка розроблена у відповідності з ISO 11979. Коліматор проектує зображення міри у безкінечність. Паралельний пучок проходить через ІОЛ, а потім пучок, який сходиться, фокусується у фокальній площині. Зображення міри збирається об'єктивом мікроскопа і направляється на ПЗЗ-матрицю цифрової камери з високою роздільною здатністю. У якості кріплення для лінзи використовується тримач, який розміщується на предметному столику. Обробка інформації виконується комп'ютером із відповідним програмним забезпеченням.

Ключові слова: інтраокулярна лінза, вимірювальний стенд.

УДК 681.73

*Лосева Е. А., студентка, Сокуренок В. М., к. т. н., доцент.
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

ПРИНЦИП КОРРЕКЦИИ ЗРЕНИЯ НЕОСЕСИММЕТРИЧНЫМИ АСФЕРИЧЕСКИМИ КОНТАКТНЫМИ/ИНТРАОКУЛЯРНЫМИ ЛИНЗАМИ

Современный мир предъявляет высокие требования к здоровью человека, и в первую очередь, к зрению, так как основной объем информации поступает через зрительный анализатор. Как и любой «неидеальной» оптической системе, человеческому глазу свойственны оптические дефекты. В значительной степени зрительное восприятие ограничивают аберрации (искажения) оптической системы. Они ухудшают разрешающую способность зрительного анализатора, снижают качество зрения, «размывают» изображения объектов и/или создают их окрашивание.

В настоящее время для исправления недостатков зрения используются традиционные очки, контактные линзы, а также хирургическая (в том числе лазерная) коррекция.

Исправление недостатков зрения при помощи классических очков имеет ряд недостатков: сужение поля зрения, уменьшение, увеличение или искажение изображения. Контактные линзы лишены подобных недостатков, они более эстетичны (особенно при больших степенях аметропии), что и обусловило их популярность. Однако большинство средств контактной коррекции не обеспечивает достижения стопроцентной остроты зрения, так как не учитывает того факта, что каждый человеческий глаз обладает собственным (в общем случае, неравномерным) распределением рефракции (абerrаций, оптической силы) по всему зрачку. Иными словами, обычные контактные линзы исправляют лишь усреднённое значение аметропии/первичного астигматизма. Классическими сферическими или даже осесимметричными асферическими линзами решить эту проблему невозможно. Поэтому перспективным направлением в офтальмологии является создание средств коррекции (контактных, интраокулярных линз) под конкретного пользователя, которые бы учитывали специфические особенности конкретного глаза.

В данном докладе предложен принцип коррекции зрения неосесимметричными контактными/итраокулярными линзами. Для описания сложных асферических поверхностей рекомендуется применять математический аппарат полиномов Цернике.

Ключевые слова: глаз, коррекция зрения, контактные линзы, полиномы Цернике.

УДК 621.384.32

*Маслак Е. Г., студент, Коваль С. Т., к. т. н, доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», г. Київ, Україна*

ОБНАРУЖЕНИЕ ЦЕЛИ НА ФОНЕ СЛУЧАЙНЫХ ПОМЕХ

Основной характеристикой, влияющей на обнаружение объекта (цели) является отношение сигнал-шум на входе решающего устройства (при заданной дальности), которое согласно критерию Неймана-Пирсона определяет вероятность правильного обнаружения при заданном уровне вероятности ложной тревоги. Чем больше отношение сигнал-шум, тем больше вероятность обнаружить объект.

Естественный фон, на котором наблюдается объект, является источником большого количества ложных тревог. Поэтому при разработке алгоритмов обнаружения оптических сигналов необходимо в максимальной степени ориентироваться на реальные статистические характеристики фоновых помех, так как использование простейших моделей фоновых помех может привести к результату, который будет оптимален в абстрактном случае, но в реальных условиях приведет к снижению эффективности оптико-электронной системы в целом. Задача обнаружения усложняется необходимостью ведения поиска на большом расстоянии, в том числе в условиях ограниченной прозрачности атмосферы, низкого контраста целей. Решить эту задачу можно за счет улучшения контраста при использовании каналов наблюдения, работающих в нескольких спектральных диапазонах.

В работе рассматривается:

- Возможные варианты фоно-целевой обстановки;
- Отношение сигнал-шум на выходе оптико-электронного прибора;
- Оценка дальности обнаружения, вероятности правильного обнаружения и вероятности ложных тревог.

Рассмотренный подход обнаружения малоразмерных объектов на фоне случайных помех, охватывает различные участки спектра электромагнитного излучения и различные типы фотоприемников. Он позволяет сделать правильный выбор вариантов построения оптико-электронных приборов на разных этапах проектирования.

Ключевые слова: вероятность правильного обнаружения объекта, вероятность ложной тревоги, отношение сигнал-шум.

УДК 681.7.013.8

*Медвідь І. А., студент, Кучеренко О. К., к. т. н., доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ МПФ ОБ'ЄКТИВІВ В ІНФРАЧЕРВОНІЙ ОБЛАСТІ СПЕКТРУ

Сучасні оптико-електронні прилади, наприклад, тепловізійні системи, системи дистанційного сканування Землі, прицільно-навігаційні комплекси, медичні прилади використовують оптичні системи з гранично досяжними або близькими до них параметрами.

Виникає необхідність контролю якості зображень. Одним з найповніших критеріїв оцінки якості зображень, створюваних об'єктивами, є оптична передатна функція (ОПФ), котра наочно відображає спотворення, що створює об'єктив на різних просторових частотах. ОПФ є комплексною функцією і її можна представити двома дійсними функціями – модулем ОПФ, модуляційною передатною функцією (МПФ) та фазою, функцією передачі фази (ФПФ).

При вимірюванні МПФ виникають похибки, що знижують точність таких вимірів. Вони поділяються на випадкові та систематичні. До випадкових належать:

- відхилення дійсної ширини щілини, від значення, вказаного на шкалі;
- нестабільність напруги у блоках живлення освітлювача, фотоприймача, електродвигунів та інших електронних блоків;
- нелінійність та нестабільність характеристик фотоприймача.

Систематичними похибками є:

- когерентність випромінювача у схемі вимірювальної установки;
- вплив профілю тест-об'єкта;
- вплив кінцевої ширини щілини;
- аберації, що вносяться коліматорним та мікро-об'єктивами;
- вібраційна стійкість установки;

та ін.

В даній роботі було оцінено різні фактори, що впливають на точність контролю якості зображення, створюваного інфрачервоними оптичними системами та зроблено висновки про вагомість їх впливу.

Ключові слова: об'єктив, вимірювання, похибки, оптична передавальна функція.

УДК 621.384.3

*Михайленко Н. В., студент, Колобродов В. Г., д. т. н, профессор
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДВОДНОГО ВИДЕНИЯ

Лазерные системы видения (ЛСВ) относятся к классу изображающих оптико-электронных систем и предназначены для дистанционного наблюдения объектов в условиях недостаточной естественной освещенности. За счет подсвета лазерным излучением ЛСВ могут работать в море на больших глубинах, куда не доходит солнечное излучение. Область применения таких приборов чрезвычайно широкая. Проблема изучения дна Мирового океана, как источника естественных материальных ресурсов, в наше время очень актуальна. Поиск и разработка месторождений нефти, газа, железных руд, брома, магния, поваренной соли и других полезных ископаемых, богатейшие запасы которых накоплены в море; обнаружение загрязнений толщи моря – вот некоторые примеры использования ЛСВ. Системы видения используются при строительстве подводных сооружений; для поиска затонувших кораблей, мин, торпед и подводных лодок; при аварийно спасательных работах и в целом ряде других работ и научных исследований. Из сказанного ясно, что значение работ с применением систем подводного видения очень велико.

Одним из самых принципиальных для ЛСВ является вопрос об увеличении дальности видения и предельных возможностях этого увеличения. Именно предельная дальность видения полностью определяет эффективность использования ЛСВ для обнаружения подводных объектов. Определение дальности видения при использовании ЛСВ связано с получением математического выражения, которое описывает процесс восприятия и интерпретации изображения зрительным анализатором. Современный подход к анализу систем видения основан на использовании методов теории переноса изображения, которая, в свою очередь, базируется на теории линейных систем и теории переноса излучения.

В данном докладе представлена упрощенная методика расчета предельной дальности видения на основе закона Бугера, и произведен габаритный и энергетический расчет подобной ЛСВ. Полученное уравнение дальности видения объектов, находящихся под водой, позволило разработать ряд рекомендаций по повышению эффективности ЛСВ.

Ключевые слова: лазерные системы видения, закон Бугера.

УДК 681.7:681.4.075

Муравьев А. В., студент

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»*

МЕТОДЫ ПАССИВНОЙ АТЕРМАЛИЗАЦИИ И АХРОМАТИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ С ОПТО- МЕХАНИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Преломляющие свойства и физические размеры оптических компонентов изменяются в зависимости от температуры, вследствие этого изменяются и характеристики оптических систем. При колебаниях температуры изменяются показатели преломления оптических сред, линейные размеры оптической системы, а именно: радиусы кривизны, толщины линз, базовые размеры подложек зеркал. Происходит сложное неравномерное распределение температурного градиента внутри оптического элемента. Как следствие, возникают внутренние напряжения в оптических деталях, перемещается плоскость изображения оптической системы, а следовательно меняется увеличение системы или масштаб изображения. Изменяются также аберрации, обусловленные сложной температурной зависимостью конструктивных параметров и внутренними напряжениями оптических элементов. Атермализация – принцип стабилизации оптических характеристик с учетом температуры. Методы пассивной атермализации применяются при проектировании оптических элементов и креплений для взаимокompенсации без использования движущихся корректирующих механизмов. Цель конструктора оптики – обеспечить малые геометрические аберрации и стабильность характеристик системы для входной апертуры, для необходимого поля зрения, для заданного волнового диапазона и, кроме того, для необходимого диапазона температур окружающей среды.

Тема данного доклада – это стабильность, а фактически тепловая стабильность, которая является одним из требований при проектировании оптико-механических приборов. В докладе приводятся методики и аналитические соотношения для синтеза атермальных и ахроматических оптических систем с помощью техник пассивной атермализации. Также предлагаются рекомендуемые материалы компонентов оптических систем объективов, синтезированных на основе данных методик. Анализ проводится для материалов, применяемых в оптических приборах, которые работают в видимой и инфракрасной области спектра.

С помощью программы ZEMAX производится проверка полученных результатов.

Научный руководитель: Кучеренко О. К., к. т. н., доцент

УДК 621.384.3

*Муха О. О., студент, Колобродов В. Г., д. т. н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

МЕТОДИ КОРЕКЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ, ПОБУДОВАНОГО ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЮ СИСТЕМОЮ ПІДВОДНОГО БАЧЕННЯ ЧЕРЕЗ СХВИЛЬОВАНУ ВОДНУ МЕЖУ РОЗПОДІЛУ

Спостереження підводного об'єкта через схвильовану водну поверхню, як правило, супроводжується геометричними спотвореннями зображення, викликаними відхиленнями світлових променів від направлення прямолінійного розповсюдження при заломленні їх на нерівній межі розділу повітря – вода. Ці спотворення проявляються в випадковому зміщенні і дробленні (розмноженні) точок зображення об'єкта і часто бувають настільки значними, що розпізнавання об'єкта стає неможливим.

Очевидно, що усунення такого роду геометричних спотворень дозволить підвищити вихідні характеристики приладу, тим самим підвищивши якість побудованого зображення на заданому значенні глибини залягання об'єкта, або ж підвищити граничну дальність бачення.

Останнім часом з'явилась низка робіт присвячених різним теоретичним і експериментальним аспектам задачі корекції зображення, спотвореного поверхневим хвилюванням, в припущенні, що відома повна або часткова інформація про нахил поверхні відносно деякої точки.

В даній доповіді приводиться огляд існуючих ідей стосовно корекції зображення, спотвореного поверхневим хвилюванням. На базі фізико-математичної моделі приладу проаналізовано ефективність останніх, з точки зору підвищення основного вихідного параметру – граничної дальності дії. Наведені основні характеристики роботи системи при заданих умовах спостереження (прозорості водного середовища, швидкості надводного вітру та ін.) і технічних показниках елементної бази приладу.

Запропоновані критерії, які дозволяють оцінити можливість застосування окремих алгоритмів для забезпечення відеонагляду, в залежності від швидкості польоту авіоносія (на якому розміщено систему), роздільної кутової здатності приладу, та часу накопичення миттєвого зображення.

Ключові слова: система підводного бачення, гранична дальність бачення, методи корекції зображення.

УДК 528.7:629.78

*Нечипорук С. А., студент, Міхеєнко Л. А., к. т. н., доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

АНАЛІЗ ТЕСТ-ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ТЕСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ВІДЕОКАМЕР

На даний час продовжується стрімкий розвиток цифрової відеоапаратури. Звичайно, що при цьому значно підвищуються вимоги до вимірjuвальних систем і тест-об'єктів, за допомогою яких проводиться тестування характеристик цифрових відеокамер (ЦВК). Проте, якщо раніше основна увага приділялася геометричним спотворенням, погіршенню контрасту і передачі кольору, то зараз розробників ЦВК більше цікавить комплексне вимірювання характеристик всього оптико-електронного тракту, включаючи вхідну оптичну систему, матричний приймач випромінювання, електронну систему вторинної обробки інформації і дисплей.

Метою запропонованої роботи, являється огляд і аналіз відомих методів тестування ЦВК з використанням різних тест-об'єктів, визначення параметрів, які при цьому вимірюються і розробка на цій основі нової стендової апаратури для комплексного вимірювання їх характеристик і параметрів.

Авторами розглянуто вітчизняні та закордонні методи оцінки якості прецизійних ЦВК та прилади і установки, які використовуються для даних цілей. При цьому розглядалися методи і системи провідних виробників відеоапаратури фірми Canon, Nikon, Sony, Pentax, Olympus та інші. Виділені типові характеристики сучасних ЦВК, які дозволяють оцінити як їх експлуатаційні можливості, так і вимоги до вимірювальної апаратури, а також на цій основі запропонувати ряд методів за допомогою яких, можна провести більш повну комплексну оцінку вимірюваних ЦВК. При цьому основна увага приділялась вхідній апертурі, роздільній здатності, максимальній освітленості, динамічному діапазону, враховувались також характеристики матричного приймача, такі як: кількість і розмір пікселів, чутливість, шуми і інерційність.

Так як при аналізі ЦВК використовують різноманітні тест-об'єкти, авторами було виділено основні їх типи по наступним характеристикам: вимірювальні параметри, технічні характеристики і структура тест-об'єкта.

З урахуванням розглянутих і перспективних вимог, щодо оцінки якості ЦВК, авторами була розроблена оригінальна установка для комплексного тестування як аматорських, так і професіональних ЦВК, на базі доступної в Україні елементної бази.

Ключові слова: цифрова відеокамера, тест-об'єкт.

УДК 621. 315

Подрыга С. И., студент

Национальный технический университет Украины

«Киевський политехнічний інститут», г. Киев, Украина

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОПТИКО – ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

В работе рассмотрены тенденции развития оптико – электронных систем (ОЭС) морского базирования от начала 70-х годов XX столетия до наших времен. Кроме того рассмотрены их перспективы на ближайшие годы. Был проведен анализ существующих основных моделей ОЭС морского базирования с ихними основными характеристиками.

Первые оптико – электронные системы появились на боевых кораблях ВМФ промышленно развитых стран мира в начале 50-х годов прошлого века. До этого времени наблюдение осуществлялось с помощью простейших оптических приборов – телескопов и биноклей или вообще невооруженным глазом. Только к середине 70-х годов на кораблях появились первые достаточно сложные оптико – электронные системы – низкоуровневые тепловизионные камеры.

Тенденции развития оптико – электронных систем морского базирования напрямую связаны с совершенствованием приемников инфракрасного (ИК) излучения. Активные исследования ИК приемников для оптико-электронных систем морского базирования начались с 1970. За этот период было создано три поколения ИК приемников с разным количеством чувствительных элементов и соответственно разные виды ОЭС с различными развертками.

На данный момент ИК приемники излучения третьего поколения с высоким разрешением открывают новые возможности для реализации более качественной ОЭС. Так же стало возможным использовать многоспектральные системы, неохлаждаемые приемники на основе микроболометрических матриц большого формата и внутрочиповую обработку сигналов. Кроме того могут использоваться новые методы сканирования изображения: пошаговое сканирование по курсовому углу на 360°, вращение в противоположных направлениях диафрагмы и приемника излучения и т.п.

По мере появления высококачественных многоэлементных приемников ИК излучения, чувствительность ОЭС непрерывно увеличивалась и одновременно увеличивалась и роль ОЭС в системах противовоздушной обороны и противоракетной обороны.

Ключевые слова: оптико – электронная система морского базирования, тенденции развития, перспективы.

Научный руководитель: Микитенко В. И., к. т. н., доцент

УДК 535.3

Притула А. С., студентка

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

ВПРОВАДЖЕННЯ СИНГУЛЯРНОЇ ОПТИКИ У ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ

Відносно нова область науки, яка об'єднує роботи по вивченню світлових хвиль з фазовими сингулярностями (наявність особливих точок хвильового фронту, в яких фаза є невизначеною, а амплітуда дорівнює нулю), називається сингулярною оптикою. В таких хвилях відбувається циркуляція потоку світла, що створює оптичний вихор. Властивості таких вихорів знаходять все ширше застосування в різних галузях науки та техніки.

Одним із таких напрямків є волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ). Невід'ємною частиною ВОЛЗ є оптоволокно. Одною з найбільш жорстких вимог до оптоволокна є вимога до збереження довжини хвилі світла, що транспортується через дане оптоволокно. Будь-яке відхилення від заданого значення несучої довжини хвилі призводить до різкого зростання світлових втрат. Причиною цього є зміна модового складу випромінювання, що передається. Необхідність практичного використання оптичних волокон для передачі структурно стійких сингулярних пучків з метою покращення якості інформації, що передається, викликала проблему формування стійкої структури поля сімейства сингулярних пучків.

В даній роботі розглянуто унікальні властивості оптичних вихорів як однієї із форм світлового поля (які є об'єктами дослідження в сингулярній оптиці) та проходження їх через оптоволокно.

На основі аналізу сучасного стану проблеми та наукових досліджень українських та зарубіжних вчених зроблено висновок, що оптоволокно з втратами на осі зберігає оптичний вихор, що направляється, сімейство позаосьових гаусових (сингулярних) пучків являється самоподібним, тобто зберігає свій розподіл інтенсивності в поперечному перерізі.

Впровадження сингулярної оптики у ВОЛЗ призводить до значного покращення якості інформації, що передається, та зменшення кількості втраченої інформації.

Ключові слова: волоконно-оптичні лінії зв'язку, оптоволокно, мода, сингулярна оптика, гаусовий пучок.

Науковий керівник: Богатирьова Г. В., к. ф.- м. н., доцент

УДК 535.422

*Прожейко Ю. Б., студент, Сокурєнко В. М., к. т. н., доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

УДОСКОНАЛЕНИЙ РЕФРАКТОМЕТР ОКА НА ОСНОВІ МЕТОДУ РЕЙТРЕЙСИНГА

Виявлення та вимірювання аберацій ока має надзвичайно важливе значення для забезпечення їх ефективної лазерної корекції. В аберометрії ока всі методи відновлення хвильової аберації засновані на використанні результатів вимірювань поперечних аберацій вузьких пучків, які в прямому або у зворотному напрямку проходять через оптичну систему ока.

Принципові відмінності всіх існуючих аберометрів полягають у методах визначення поперечних зсувів, тобто поперечних аберацій вищевказаних променів. Відомими є метод Чернінга, метод рейтрейсинга, метод Талбота, скіаскопічний метод, метод заснований на використанні датчика Хартмана-Шека. Наразі аберометри типу Хартмана-Шека, а також рейтрейсінгові аберометри, є найбільш поширеними.

Аберометри Хартмана-Шека є компактними, вони мають більш просту оптичну систему в порівнянні з рейтрейсінговими аберометрами. Проте їх головний недолік полягає у тому, що субапертури зони аберометрії зіниці ока формуються лінзовим растром.

Найбільш суттєвими перевагами методу рейтресингу є те, що він потребує лише однієї вимірювальної субапертури на зіниці, яку можна переміщувати по зіниці у вільний спосіб.

Однак, важливим недоліком зазначеного методу є те, що для розрахунків потрібно знати фокусну відстань ока.

Запропоновано функціональну схему та принцип дії вимірювача абераційної складової рефракції оптичної системи ока людини. Цей вимірювач є удосконаленням відомого приладу «I-Trace», що базується на методі рейтрейсингу. Новим в конструкції приладу є те, що перед оком пацієнта введено другий двокоординатний дефлектор і телескопічну систему для регулювання кутового нахилу зондуючого пучка. Дефлектори виконано з двох однокоординатних дефлекторів, між якими встановлені оптичні системи переносу зображень.

Перевагою запропонованого варіанту є відсутність потреби у попередньому визначенні фокусної відстані ока пацієнта, що сприяє підвищенню точності вимірювань розподілу абераційних та рефракційних характеристик його оптичної системи. Представлено математичний апарат відновлення хвильового фронту ока та зазначено його переваги.

УДК 621.389

Протасова О. А., студентка
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна
**3-D КАМЕРИ TOF (TIME OF FLIGHT) ТА СФЕРИ ЇХ
ЗАСТОСУВАННЯ**

На сьогоднішній день технології, що здатні працювати з тривимірними даними мають дуже широке застосування у багатьох різних сферах, особливо в автомобільній промисловості. Швидкість та надійність стали основними критеріями при отриманні 3-D даних для майбутніх розробок. Крім цього, відносно низька вартість технологій 3-D візуалізації відкриває широкий спектр застосувань, таких, як побутова електроніка, мультимедіа, цифрова фотографія, робототехніка, медичні технології, тощо.

В роботі представлена модульна конструкція камери нового покоління «час польоту» (Time-of-Flight), так звана камера PMD (Photonic Mixer Device). Ключовим компонентом такої камери є матричний або лінійний датчик, який може вимірювати відстань до цілі для кожного пікселя паралельно, без сканування. Таким чином ці камери мають переваги швидкої обробки зображень і високої поперечної роздільної здатності в поєднанні з даними про глибину поля зору.

Датчики складаються з «розумних» пікселів, так званих фотонних змішувальних пристроїв (PMD, Photonic Mixer Device), що робить можливим швидке оптичне зондування та демодуляцію некогерентних світлових сигналів в одному компоненті. Кожна PMD-камера складається зі стандартного CMOS сенсора, модульного оптичного передавача, електронного блоку контролю та обробки сигналу та програмного забезпечення. В залежності від спеціальних вимог в різних сферах застосування кожен компонент камери PMD повинен бути адаптований до цих вимог.

В роботі представлені основні сфери застосування 3-D ToF камер, класифікація основних типів камер за сферами застосування, вимогами до точності вимірювання та іншими критеріями. В роботі також викладені основні недоліки функціонування ToF камер та деякі варіанти рішень проблем точності калібрування, оскільки неточне калібрування є основною причиною похибок у вимірюваннях глибини кадру та амплітуди отриманого сигналу.

Ключові слова: PMD камера, ToF камера, 3-D камера, Photonic Mixer Device

Науковий керівник: Богатирьова Г. В., к. ф.-м. н., доцент

УДК 535.42

Сірий Є. А., студент, Колобродов В. Г., д. т. н, професор
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНОГО КІНОФОРМА В СПЕКТРАЛЬНОМУ ДІАПАЗОНІ 8-12 МКМ

Використання дифракційних елементів при проектуванні оптичних систем (ОС) набуває все більшого розповсюдження. Особлива увага приділяється кіноформним елементам (КЕ), котрі створюють фазову модуляцію за рахунок рельєфу поверхні (рис.1). Наявність КЕ в ОС значно покращує економічний та масогабаритний параметри конструкції. Проектування КЕ для інфрачервоних систем, що працюють в спектральному діапазоні 8-12 мкм, являється актуальною задачею.

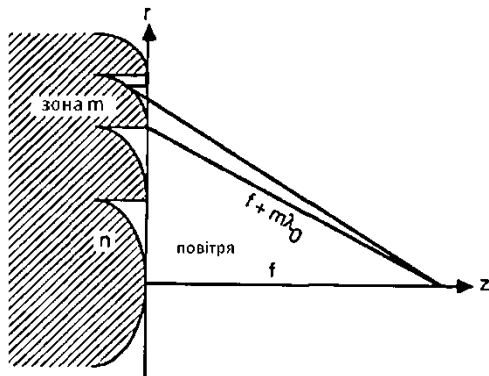


Рис.1. Кіноформний елемент.

Положення зон КЕ розраховується таким чином, щоб оптична різниця шляху між двома сусідніми зонами відрізнялась на одну довжину хвилі λ_0 , а в межах зони вона залишається постійною.

Аналіз коефіцієнта фазової затримки α та дифракційної ефективності η підтверджує можливість використання КЕ в

діапазоні 8-12 мкм. Для детальнішого розгляду КЕ приймається, що елемент являє собою тонку лінзу з великим показником заломлення. Параксіальний розрахунок абераций до третього порядку за умов нескінченного віддалення об'єкта дає змогу стверджувати, що розташування апертурної діафрагми (АД) в передній фокальній площині КЕ призводить до відсутності коми та астигматизму в площині зображення; кривизна площини зображення (поверхня Пецваля) для дифракційних елементів також відсутня. Розмір АД обмежується наявністю сферичної абератії, котру можна компенсувати встановленням асферичної пластини в межах АД.

Було розраховано германієвий КЕ для довжини хвилі $\lambda=10$ мкм з фокусною відстанню $f=50$ мм та відносним отвором $\frac{1}{2}$. В межах заданого діаметра міститься 155 зон, при чому ширина 1-ї зони становить 0,414 мм, а 155-ї $\approx 0,041$ мм, що являється технологічним при виготовленні елемента. Дифракційна ефективність такого елемента в першому дифракційному порядку більше 90%.

Ключові слова: ІЧ діапазон 8-12 мкм, кіноформний елемент.

УДК 007; 681.3

Телебук О. И. студент, Зыблиенко И. М., студентка

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Учитывая тенденции развития и усложнения технических объектов и систем, необходимо повышать эффективность анализа их состояний уже на этапе проектирования, что позволит выявлять потенциально опасные функциональные узлы, своевременно предпринимать корректирующие действия, например, связанные с резервированием, увеличивая эксплуатационную надежность и снижая издержки. Методология HAZOR, изложенная в [1], включающая идентификацию и анализ условий, состояний и факторов, способных вызвать отказ системы способствует дальнейшему совершенствованию и повышению эффективности ее функционирования. В основе методологии HAZOR лежит «исследование с помощью управляющего слова», которое представляет собой целенаправленный поиск отклонений от цели проекта, выполняемого группой специалистов. Для упрощения исследования систему разделяют на части так, чтобы цель проекта была определена с достаточной точностью для каждой части. Размер выбранной части зависит от сложности системы и серьезности опасности. В общем случае процедуру исследования технологических систем на базе можно представить в виде схемы, показанной на рисунке.



Рисунок – Процедура исследования HAZOR

Литература:

IEC 61882 Управление надежностью. Методы анализа надежности. Исследование опасности и работоспособности (HAZOR)

Научный руководитель: Савкова Е. Н., к. т. н., доцент

УДК 535.241.63

*Тимофеев А. С., студент, Михеенко Л. А., к. т. н., доцент
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

ДИФФУЗНЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОЙ ЯРКОСТИ НА СВЕТОДИОДАХ

В последнее время наблюдается интенсивное развитие прецизионных видеосистем с многоэлементными приёмниками излучения: цифровых фотоаппаратов, веб-камер, камер для оптической микроскопии, систем наблюдения и других. Дальнейшее усовершенствование таких систем сдерживается недостаточным уровнем методов и средств измерения их энергетических характеристик, в первую очередь – приборов, создающих переменное яркостное поле высокой интенсивности и однородности в пределах значительной апертуры. Используемые для этой цели диффузные излучатели на основе интегрирующих сфер с галогенными лампами, хотя и отличаются высокими радиометрическими характеристиками, но имеют серьёзные недостатки: напряжённый температурный режим, низкую стабильность и высокое энергопотребление.

Существенно уменьшить отмеченные недостатки можно при использовании мощных светоизлучающих диодов. Применение светоизлучающих диодов в диффузных излучателях имеет ряд особенностей, связанных с узкой индикатрисой излучения, сильной температурной зависимости мощности излучения, своеобразной спектральной характеристикой и ряд других. Для проектирования диффузных излучателей обычно используется классическая методика, которая предназначена для стандартных источников – галогенных ламп. Особенности, присущие источникам косинусного типа в этой теории не учитываются. Целью данной работы является разработка и исследование математической модели диффузного излучателя переменной яркости на излучающих светодиодах и экспериментальная проверка.

Авторами получены и проанализированы основные зависимости, связывающие яркость выходной апертуры с радиометрическими и конструктивными параметрами светоизлучающих диодов, рассмотрены спектральные характеристики диффузного излучателя для различных источников излучения и покрытий интегрирующей сферы, выполнен метрологический анализ системы калибровки, предложены инженерные методы конструирования диффузных излучателей с заданными параметрами.

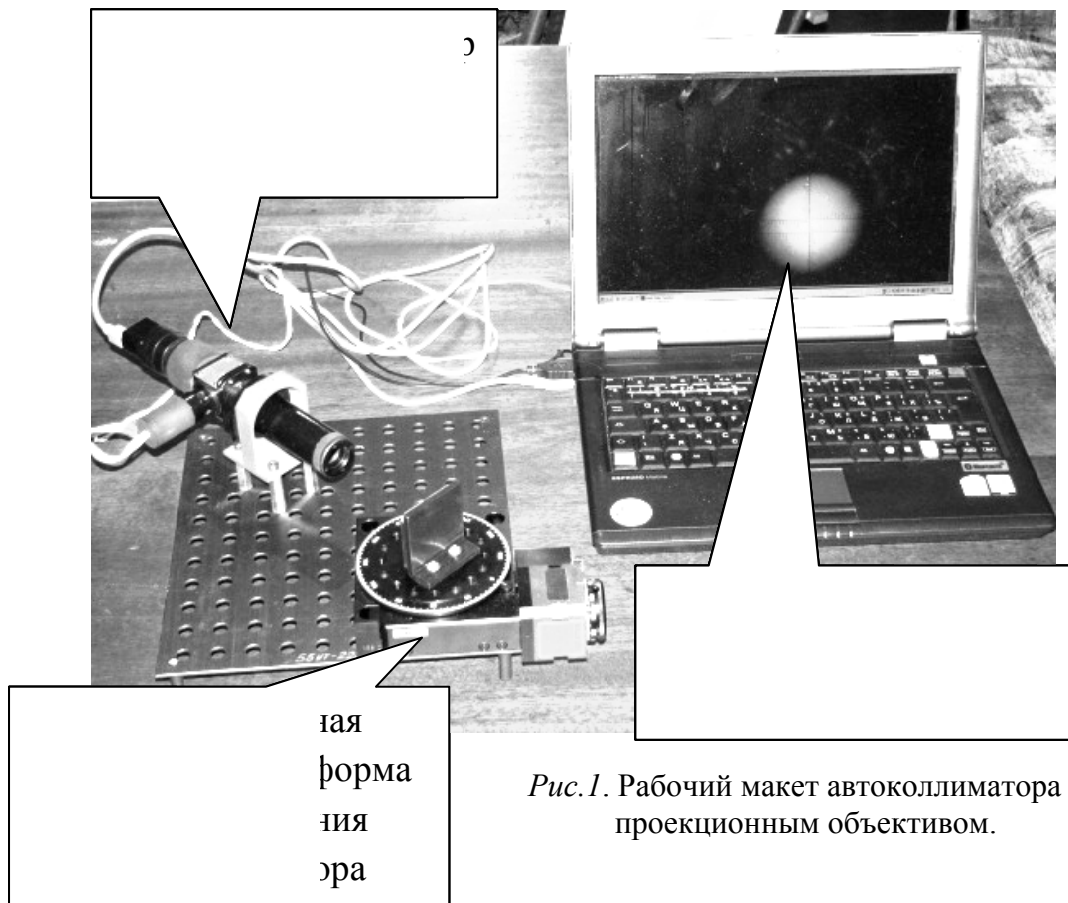
Ключевые слова: диффузный излучатель, светодиод, интегрирующая сфера.

УДК 53.082, 53.089.2

Фесенко А. В., студент, Боровицкий В. Н., д. т. н., доцент
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

ГАБАРИТНЫЙ РАСЧЕТ ЦИФРОВОГО АВТОКОЛЛИМАТОРА

Автоколлиматор – прибор для измерения углов с высокой точностью. В данной работе приводится габаритный расчет проекционного объектива для цифрового автоколлиматора, построенного на базе имеющегося автоколлиматора АК-40 и цифровой видеокамеры SUMIX M81M. При выполнении габаритного расчета был рассчитан проекционный объектив, сопрягающий оптическую систему автоколлиматора с матрицей цифровой камеры. При расчете этого объектива были выполнены условия согласования пространственного разрешения, поля зрения и апертурных углов с оптической системой автоколлиматора. Разработанный макет такого коллиматора прошел испытания и получил позитивную оценку инженеров-оптиков (рис. 1).



УДК 681.3

*Харитоненко К. В., студент, Колобродов В. Г., д. т. н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

ЦИФРОВА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ З МЕТОЮ ОЦІНЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ОБ'ЄКТА В КОСМІЧНИХ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ПРИЛАДАХ З МАТРИЧНИМИ ПРИЙМАЧАМИ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Використання тепловізійних приладів набуло широкого поширення, особливо в охоронних системах та військовій справі. Особливо складні проблеми на даний час виникають при здійсненні цифрової обробки інфрачервоних (ІЧ) зображень в режимі реального часу.

Оцінка швидкості відіграє важливу роль в автоматичних системах слідування за об'єктами. Ідентифікація об'єкта базується на аналізі поміченого руху. Одним з підходів, які використовуються для оцінювання швидкості руху, є аналіз гістограм зображень об'єкта, що рухається, з використанням методик обробки зображень. Обробка зображень, яка здійснюється з високою швидкістю, включає також аналіз зображень за допомогою різноманітних методів, вибір яких залежить від призначення системи.

Двовимірні гістограми є корисними для визначення положення об'єктів на зображеннях, отриманих від монохромної ІЧ камери. Проте постає проблема обробки монохромних зображень.

Нами розроблено алгоритм, в якому гістограма зображення використовується для оцінювання швидкості руху об'єктів, відстань до яких знаходиться в діапазоні від 100 до 3 000 метрів. В рамках алгоритму виконуються наступні операції.

Дані двох послідовних кадрів зберігаються в пам'яті процесора. Обробка включає паралельні поелементні операції. Матриця значень різниці двох послідовних кадрів зберігаються в третьому кадрі. Потім обчислюються гістограми по X та по Y для третього зображення. Після цього до гістограм застосовується фільтр усереднення (згладжуючий). Для знаходження максимуму обчислюється різниця між двома максимумами гістограм по X послідовних кадрів A та різниця між двома максимумами гістограм по Y послідовних кадрів B. Проміжок часу між записом двох кадрів є часом, за який об'єкт переміщується з одного положення в інше. Моделювання оцінювання швидкості руху об'єкта було виконано з використанням пакету MATLAB та мови програмування MATLAB, що дозволяє швидко і просто здійснення реалізації за допомогою апаратних засобів в перспективі. Алгоритм має стати складовою частиною системи детальнішого аналізу переміщення об'єкту з оцінюванням напрямку, прискорення та траєкторії руху.