

СЕКЦІЯ 2

ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

УДК 528.7, 629.78

*Гордиенко Ю. А. студент; Михеенко Л. А. к.т.н., доцент
Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”,
г.Киев, Украина*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ДИФFUЗНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОЙ ЯРКОСТИ НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЕННЫХ ИНТЕГРИРУЮЩИХ СФЕР

Диффузные излучатели переменной яркости (ДИПЯ) на основе сопряженных интегрирующих сфер предназначены для регулировки яркости выходной апертуры по заданному закону с высокой точностью [1]. Они широко применяются в измерительной фотометрии, научных исследованиях, установках для калибровки прецизионных оптико-электронных приборов. В связи с этим повышение точности ДИПЯ является важной, актуальной, но до конца не решенной в настоящее время задачей. В частности, применение сопряженных первичных сфер позволяет создать лучшие условия для интегрирования светового потока и, как следствие, уменьшает влияние систематических погрешностей в формировании выходного яркостного поля. Основную роль при этом начинают играть случайные факторы – нестабильность источников излучения установленных в первичной сфере, изменение характеристик внутреннего покрытия первичных и вторичной сфер, непостоянство геометрических и физических параметров конструктивных элементов ДИПЯ и т.д. В связи с этим возникла необходимость исследования влияния перечисленных факторов на нестабильность яркости в выходной апертуре ДИПЯ [2].

В работе представлена математическая модель излучателя, методика расчета и рабочие формулы для определения погрешности ДИПЯ на основе интегрирующей сферы. Проанализирован вклад каждой погрешности в суммарную погрешность излучателя и предложены пути их уменьшения.

Работа будет полезна специалистам в области прецизионной радиометрии.

Ключевые слова: оптическая радиометрия, диффузный излучатель переменной яркости.

Литература

1. Михеенко Л. А., Боровицкий В. Н. Излучатель переменной яркости на основе сопряженных интегрирующих сфер.// Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2006. - №6. – С.61-64.
2. Михеенко Л. А., Гордиенко Ю. А. Исследование точности диффузного излучателя на основе интегрирующей сферы.// “Вісник” НТУУ “КПІ”. Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. – 2008. – Вип. 35. – С. 37-41.

УДК 535.4

*О.О.Якобчук, студентка, Г.В. Богатирьова, к.ф.-м.н., доцент
Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,*

ОБРОБКА ІНТЕРФЕРОГРАМ

Проаналізовано інтерферометричний метод контролю асферичних відбиваючих поверхонь, що базується на вимірюванні викривлення інтерференційних смуг. Для цього визначають відхилення між еталонною поверхнею, що формується за допомогою синтезованої голограми, та досліджуваною поверхнею оптичної деталі. Визначено, що похибка інтерферометричного методу складається з похибки визначення викривлення інтерференційних смуг та похибки голографічного формування еталонної поверхні.

Наведено алгоритм обробки інтерферограм, метою якого було досягти максимальної точності контролю. Комп'ютерна обробка інтерференційних картин складається з наступних етапів:

- отримання цифрового зображення інтерферограми;
- попередня обробка інтерферограми з метою усунення шуму;
- визначення центру та переважного напрямку смуг;
- відслідковування смуг та постановка точок на екстремумах;
- визначення та відображення функції, що характеризує деформації хвильового фронту. Подальша математична обробка отриманої функції деформації хвильового фронту, відбитого від деталі, дозволяє визначити характеристики якості зображення, що сформується оптичною системою.

Обґрунтовано, що істотно впливає на якість обробки інтерферограм точність визначення центру та переважного напрямку смуг.

Визначено, що перевагами наведеного алгоритму є:

- висока надійність при обробці інтерференційних картин;
- нечутливість до нерівномірності освітленості в картині; а недоліками є:
- похибка, обумовлена розділенням ПЗЗ-матриці;
- чутливість до шумів.

УДК 535

Подрига С.І., студент, Богатирьова Г.В., доцент, к.ф.м.н.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРІВ У СТОМАТОЛОГІЇ

Розглянуто особливості впливу лазерного випромінювання на різні біологічні структури, а саме на м'які та тверді тканини при використанні лазера у стоматології.

Лазер випромінює колімоване та когерентне монохроматичне світло, яке можна зфокусувати на невеликій ділянці, досягнувши при цьому високої щільності енергії. Різні довжини хвиль лазерного випромінювання мають унікальні характеристики поглинання живими тканинами, внаслідок чого виникають ефекти, залежні від кількості поглинутої енергії: фототермічний, фотохімічний, фотоакустичний, отже лазер може як різати емаль, так і заживляти післяопераційні рубці.

Недавнім досягненням в області лазерної технології є VSP (прямокутні імпульси змінної геометрії, Variable Square Pulse), що забезпечує ідеальний прямокутний імпульс зі змінною тривалістю. Технологія VSP вперше дозволила лікарю самостійно варіювати тривалість імпульсу й відкрила можливості для нових методів лікування.

У роботі наведені результати дослідів й отримані характеристики впливу лазерного випромінювання на такі біологічні структури, як вода, меланін, гемоглобін. Використовується YAG-лазер, активною речовиною якого є кристал алюмоітрієвого граната, легований неодимом (Nd:YAG) або ербійем (Er:YAG). Довжина хвилі випромінювання лазера Er:YAG (2,940 нм) дуже добре поглинається водою. За допомогою поглинання лазерної енергії ми можемо одержати миттєвий випар води, результатом чого є руйнування кристалічної структури. Це поглинання тільки поверхнєве і, завдяки дуже короткій тривалості імпульсу, не доходить до глибоких шарів. Тому тканина не випаровується повністю, а розпадається на маленькі фрагменти. Руйнування твердих тканин зуба відбувається в мікровибухах, а плавлення або карбонізація відсутні, тобто не відбувається теплового ушкодження.

Визначені наступні переваги лазерної стоматології: лазерне розрізування відбувається більш точно, ніж за допомогою скальпеля; під впливом лазерного випромінювання у тканині людини можуть як руйнуватись хімічні зв'язки в молекулах клітин, так і заживляти рани та післяопераційні рубці; лазери знижують необхідність у місцевій анестезії; операції проходять майже без виділення крові; за допомогою лазера можна за один сеанс відбілити зуби; за один сеанс можна лікувати декілька зубів одночасно; мінімізовано травмування та дискомфорт, що завдається пацієнту.

УДК 535.24:628.9

*І. Ю. Білінська, студентка; Л. А. Міхеєнко, к.т.н., доцент
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м.
Київ*

ШИРОКОПОЛОСНИЙ СПЕКТРОКОМПАРАТОР ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Однією з важливих проблем розробки та експлуатації оптико-електронних систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є вимірювань їх

енергетичних характеристик. Метрологічні параметри установок для абсолютизації вимірювань і переносу одиниці спектральної густини енергетичної яскравості (СГЕЯ) від еталонів до робочих випромінювачів в значній мірі залежать від характеристик пристроїв порівняння СГЕЯ – спектрокомпараторів, до яких висуваються досить високі умови щодо точності, спектрального і динамічного діапазонів, стабільності тощо.

Метою запропонованої роботи є аналітичний огляд відомих систем порівняння СГЕЯ, метрологічний аналіз та розробка рекомендацій щодо проектування широкодіапазонного спектрокомпаратора для використання в прецизійній радіометрії і зокрема в системах калібрування систем ДЗЗ.

Основу спектрокомпаратора складають оригінальний оптичний ослаблювач на базі сполучених інтегруючих сфер [1], подвійний монохроматор та група вимірювальних приймачів випромінювання. Спектрокомпаратор ефективно працює в спектральному діапазоні 0,4..2,5 мкм, забезпечує порівняння одиниць СГЕЯ в динамічному діапазоні $10^5..10^6$ при похибці порівняння не вище 5%. По своїм метрологічним характеристикам прилад перевищує відомі аналоги і в цьому використовується доступна в Україні елементна база.

В роботі також наведено результати детального дослідження точності спектрокомпаратора та розробляються рекомендації щодо оптимізації основних похибок.

Матеріали будуть корисні спеціалістам в галузі прецизійної радіометрії та розробникам систем ДЗЗ

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, оптична метрологія.

Література:

1. Михеенко Л. А., Шишкин В. А. Широкодіапазонный ослабитель оптического излучения базирования // Вісник НТУУ «КПІ». – 2008. – №35 – с. 49 – 53.

УДК 681.325.5

*А.А. Кривенко, студент; А.А. Пискун, студент; С.Т. Коваль, к.т.н., доцент
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»*

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТОПАР.

Оптопара, как твёрдотельная полупроводниковая система с оптическим каналом связи между излучателем и приёмником, получила широкое распространение в измерительной технике и оптосенсорике в силу ряда замечательных свойств. Во-первых, оптопары с внутренним закрытым оптическим каналом могут эффективно менять крутизну преобразования электрических сигналов, обеспечивая при этом большой динамический диапазон и гальваническую развязку приёмника и излучателя с надёжной защитой следующей за ними электроники от повреждения. Во-вторых,

оптроны с открытым оптическим каналом, являясь малогабаритными прецизионными сенсорами, могут в ряде случаев заменить более сложные оптико-электронные системы.

Расширение элементной базы полупроводниковых материалов и соединений открывает возможность создания оптронов с улучшенными выходными характеристиками. В этой связи экспериментальные исследования новых полупроводниковых сочетаний “приёмник – излучатель”, охватывающие как оптические, так и электрические свойства полупроводников, могло бы содействовать дальнейшему совершенствованию оптопар. Для выполнения такой актуальной задачи необходимо разработать экспериментальную установку способную:

- исследовать все известные новые полупроводниковые элементы и их сочетания;
- выполнять измерения в соответствии со стандартами;
- в удобной форме получать, обрабатывать и регистрировать информацию;
- сочетать в себе широкий перечень технических средств и функций измерений.

С этой целью после изучения литературы, посвящённой подобным проблемам, была предложена структурно–функциональная схема экспериментального стенда и проведены предварительные макетирования отдельных его узлов. Стенд, включающий платформу для быстрого и удобного монтирования исследуемых элементов, построен с использованием стандартной аудиокарты персонального компьютера в качестве аналогово–цифрового преобразователя и набора программ измерительных приборов, образующих виртуальную лабораторию. Такой подход позволяет повысить функциональность, скорость и точность измерений, сократить денежные затраты на приобретение оборудования и занимаемое стендом место. Следует заметить, что помимо указанной разработка стенда преследовала не менее важную цель – создание установки для лабораторного практикума по дисциплинам бакалаврата специальности “оптотехника”.

УДК 535.8(075)

Слива С.С., Вересенко М.Г., Чиж И.Г.

*Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт”. Киев. Украина.*

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОПТИКИ В УКРАИНЕ.

Как известно, будущее рождается из настоящего, настоящее основывается на достижениях прошлого, поэтому понять современное состояние оптики, уловить тенденции ее дальнейшего развития можно основываясь на анализе всего хода ее исторического развития.

Как и все другие науки, оптика возникла из практических потребностей людей. В силу необходимости своего развития она непременно то и дело возвращается к своим истокам, к практике, находя в

ней тот оселок, на котором она удостоверяється в дійсній цінності своїх теоретико-математических побудов і пересматрює або утверджує свої основи, вдосконалює свої підходи і методи. По традиції, чисто умовно, прийнято поділяти оптику на фізичну, геометричну і фізіологічну.

Прогрес в різноманітних галузях науки і техніки неможливо без оптичних приладів. Оптичне приборобудування має своєрідну історію. До першої світової війни розробка оптичних приладів була зосереджена головним чином за кордоном. Радянській же оптичній промисловості предстояло вирішити серйозну задачу: подолати відсталість вітчизняного оптичного приборобудування і догнати західні країни.

Представлялось можливим, орієнтуючись на зарубіжний досвід, копіювати різні оптичні прилади, це, з однієї сторони, прискорювало процес створення оптичних приладів, але, з іншої сторони, затримувало самостійне розвиток оптики в країні.

Говорячи про історію оптичних досліджень в Україні, можна назвати немало учених, обогативших науку своїми працями. І справа тут не тільки в досягненнях наших учених, але і в оригінальності їх досліджень. Найбільш вагомий внесок у розвиток оптики в Україні зробили такі учені, як: Максутів Д.Д., Шишловський А.А., Линник В.П., Русинів М.М. і багато інших.

Ключові слова: розвиток оптики, оптичне приборобудування, оптичні дослідження.

УДК 535.2

*Колтун З.М., Кучугура І.О., Притула А.С., студенти,
Кондратенко Д.Ю., асистент*

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

ВИМІРЮВАННЯ І АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК НАДПОТУЖНИХ ПОВНОКОЛЬОРОВИХ СВІТЛОДІОДІВ

В наш час набуває все більшого розмаху ринок світлодіодів, що призводить до розширення сфери їх використання, а як наслідок, і до розробки нових методів вимірювання їх характеристик.

Вимірювання характеристик є дуже важливими, оскільки світлодіод повинен працювати в нормальному режимі, щоб повністю реалізувати свій ресурс.

Повно кольоровий світлодіод частіше всього це червоний, зелений і синій світлодіоди, поєднані в один корпус. Шляхом зміни сили струму або кількості імпульсів на кожному з кристалів можна отримати будь-який колір.

Повну інформацію про поведінку світлодіода дає його вольт-амперна характеристика ВАХ. Однією з умов нормальної роботи світлодіода є те, що струм, який через нього протікає, не повинен перевищувати гранично

допустимий прямий струм. Не менш важливою є спектральна характеристика світлодіода.

В даній роботі було проведено дослідження повнокольорового надпотужного (3 Вт) світлодіода. Отримані результати по залежностям ВАХ, спектральних характеристик та індикатриси.

Для керування кольором і яскравістю повнокольорового світлодіода використовується схема на базі мікроконтролера з широтно-імпульсним модулятором (ШІМ).

Ключові слова: світлодіод, ВАХ, індикатриси, спектр.

УДК 621.384.3

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

МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ ОПТИЧНО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ САМОНАВЕДЕННЯ З МАТРИЧНИМИ ПРИЙМАЧАМИ ВИПРОМІНЮВАННЯ

До теперішнього часу більшість інфрачервоних систем самонаведення та наведення виконані на одноелементному приймачі випромінювання з виділенням координат об'єкту методом сканування. Поява високоякісних матричних приймачів випромінювання (МПВ) і фотоприймальних пристроїв на їх основі, які успішно працюють в спектральному діапазоні 3 – 5 мкм і 8 – 14 мкм, відкрило великі перспективи для розвитку цих систем.

Специфіка цих систем полягає в тому, що вони працюють з великими динамічними навантаженнями, що помітно впливає на вибір спектрального робочого діапазону, типу МПВ, конструкції систем охолодження і, як наслідок, на вихідні характеристики приладу.

Важливим питанням є сам процес проектування та розробки оптично-електронних систем самонаведення та наведення (ОЕССН). Велике різноманіття умов роботи цих систем, неперервне розширення їх елементної бази, удосконалення і ускладнення алгоритмів обробки отримуваної інформації вимагає використання новітніх комп'ютерних систем моделювання.

Моделювання дозволяє частково, а в певних випадках і повністю, відмовитися від дорогого і не завжди достовірного експерименту, що є немаловажним питанням при проектуванні даних систем.

В доповіді розглянуто наступні питання:

- основні принципи побудови комп'ютерних моделей ОЕССН;
- метод визначення узагальнених характеристик ОЕССН з МПВ;
- вплив зміни умов роботи ОЕССН (навколишнього середовища, фоно-цільової обстановки, температурного режиму і т.д.) на показники якості системи;

- які алгоритми обробки інформації ОЕССН найбільш раціональні з точки зору різних вимог, що висуваються перед системою, в особливості для забезпечення заданих показників якості;

УДК 621.384.3

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

ЕКСПРЕС МЕТОДИ ВИМІРУ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ЦИФРОВОЇ КАМЕРИ

В наш час цифрову камеру має маже кожен громадянин, тому актуальність виміру головної характеристики камери – її роздільної здатності стоїть досить гостро. Традиційний підхід заснований на прямому вимірі контрасту (або модуляції) від набору мір різної просторової частоти потребує спеціального обладнання та часу. Тому нами запропоновано метод швидкого тестування, не потребуючого спеціального устаткування та досить швидкий.

Об'єктивною характеристикою роздільної здатності знімальної системи є залежність її чутливості від просторової частоти. Більш правильно застосовувати параметри "граничне розділення" і модуляція (або контраст) на якій-небудь просторовій частоті. Функція передачі модуляції або контрасту дає об'єктивне представлення про розділення.

Нами запропонований спосіб, оснований на аналізі знімка похилої межі (біле-чорне). Цей підхід на відміну від інших вимагає мінімальних підготувань, і ґрунтується на аналізі зображень, або частіше їхніх фрагментів. Для побудови MTF не обов'язково знімати лінії, аналіз переходу від темної частини до світлого також може дати досить інформації про розділення.

Вимір відбувається в три етапи: робимо знімок та передаємо його до комп'ютера. Програма проводить сканування всіх ліній й усереднення з вирівнюванням по нульовій інтенсивності - одержуємо функцію розсіювання півплощини (edge spread function). Відстані в пікселях коректуються залежно від кута нахилу границі (повинна бути нахилена для плавного усереднення).

Взявши першу похідну від отриманої функції отримаємо функцію розсіювання лінії (line spread function), а застосувавши дискретне перетворення Фур'є - отримаємо функцію передачі модуляції. Тобто використовуючи цей метод навіть звичайний користувач може оцінити розділення камери всього за декілька хвилин, маючи при собі лише камеру і комп'ютер з програмою.

УДК628.981+681.7.013

*Генсіцький А., студент, Кравченко І.В., ст. викладач
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", Україна, м. Київ*

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ СТАНДАРТНИХ ПК В ОПТИЧНИХ ВИМІРЮВАННЯХ

В якості засобів вимірювання характеристик та параметрів оптичних та оптично-електронних приладів типовим є застосування комп'ютерних установок з контролерами індивідуального виготовлення [1], спеціалізованими пристроями National Instruments, ICP-DAS і т.і. з комп'ютерним керуванням та чисельною обробкою.

Мета роботи - дослідження метрологічних характеристик стандартних ПК та вбудованих функцій операційної системи Windows з метою визначення можливих обмежень для їх, застосування для приймання, перетворення фотоелектричних сигналів та їх обробки.

Дослідження виконувалися за допомогою створеного програмного забезпечення (ПЗ) на ПК з операційними системами Windows, звуковими картами на контролерах ESS, Creative, AD. Джерело сигналу – генератор ЗГ-112, прилад візуального контролю – осцилограф С1-91, порівняльний вимірювач амплітуди та частоти сигналу – комбінований мультиметр Ф-8293.

За результатами вимірів були визначені середні значення амплітуди, частоти, фази досліджуваних сигналів та їхні середньоквадратичні похибки.

Показано, що при однопотоківій реалізації керування та обробки за допомогою механізму створення та обробки повідомлень (messages) із застосуванням функцій Windows API вбудованого модуля „Microsoft Multimedia” операційної системи для проведення фазових вимірювань стандартні засоби ПК непридатні.

Виявлено наявність зони спотворення сигналу та оцінені її межі для амплітудних та частотних вимірювань. Досліджено залежність похибок від розрядності карти вводу, частоти опитування, розміру буфера, від типу обробки сигналу.

Порівняно методи оцінювання за допомогою розв'язання системи регресійних рівнянь методом Ньютона, градієнтними та статистичними методами.

Ключові слова: вимірювання, цифрові методи, фотоелектричні характеристики.

Література.

1. Лихоліт М.І., Маркочев А.С., Вимірювально-обчислювальний комплекс для контролю якості об'єктів //Вісник НТУУ-„КПІ”. Приладобудування. -2003.-№25.-С.38-45.

УДК 681.784

*Т.М. Якименко, студент. Н.Б. Афончина, аспірант. І.Г. Чиж, д.т.н., професор.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

СТАТИСТИКА АБЕРАЦІЙНИХ ВАД ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОКА

В наш час використовується досить багато методів корекції вад зору. Всі вони потребують наявності попередніх даних про абераційний стан ока. Для широкого застосування цих методів необхідно мати aberометричну

апаратуру, яка б була портативною та з порівняльно невисокою собівартістю. Тому актуальною є задача створення даної апаратури.

Головною задачею цієї роботи є визначення необхідного робочого діапазону абераметрів. Для цього нами були опрацьовані статистичні дані медичних закладів для вирішення статистичного рівня абераційних вад оптичної системи ока.

Результати статистичних даних взяті з наукових публікацій лабораторних досліджень абераційних вад зору різних категорій населення.

Встановлено, що значна кількість людей мають спадкові або придбані вади зору. Ці вади можуть бути пов'язані зі спазмом акомодацийних м'язів (міопія), втратою еластичності кришталика (гіперметропія), викривленням поверхні рогівки або поверхонь кришталика (астигматизм). В результаті зведеного аналізу статистичних даних виявлено, що спостережувана міопія у 2600 очах зосереджена у діапазоні від $-0,25...-29$ (Д), низької степені міопія до -3 (Д), середньої степені від $-3,25...-6$ (Д), високої від $-6,25...-29$ (Д). Гіперметропія, виявлена у 550 очах, зосереджена у діапазоні від $0,25...13,5$ (Д), низької степені гіперметропія від $0,25...2,75$ (Д), середньої степені від $3...5,75$ (Д). Астигматизм, виявлений у 2500 очей, зосереджений у діапазоні від $-4...9$ (Д), де міопічний астигматизм від $-0,25...-4$ (Д), гіперметропічний астигматизм від $0...9$ (Д). У людей віком від 40 років міопія до -1 (Д) спостерігається у 26,6% серед жителів Західної Європи (49,6 млн.), від -5 (Д) та вище – у 4,6% (8,5 млн.); гіперметропія від 3 (Д) та вище складає 11,6% , це приблизно 21,6 млн. європейців. Проаналізовано аберації вищих порядків, та зроблено висновок про можливість не вимірювання їх в процесі здійснення абераметрії.

Ключові слова: абераметр, аберації, міопія, гіперметропія, астигматизм.

УДК 621.384.3

*Д.А. Пивторак, студент; В.Г. Колобродов, д.т.н., професор
Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт”*

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ПРОСТРАНСТВЕННО-ЧАСТОТНОЙ ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА НА ГРАДАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУЧАЕМОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Предварительная пространственно-частотная обработка регистрируемого оптического сигнала широко применяется в современных цифровых камерах, работающих в условиях широкого диапазона яркостей снимаемого объекта. Функции простейших фильтров при этом выполняют экспонетрические устройства, обеспечивающие подавление низких пространственных частот изображения, в основном не несущих полезной информации. При съёмке в условиях большого интервала яркостей в пределах кадра, экспонетрические устройства должны обеспечивать управление экспозицией каждого элементарного участка кадра, то есть, обеспечивать локальное управление экспозицией.

Известные экспонометрические устройства с локальным управлением экспозицией (ЭУЛУ) условно делятся на мультипликативные, аддитивные и смешанные. Каждый вид ЭУЛУ обладает достоинствами и недостатками, определяющими возможность их применения в конкретных условиях цифровой видео- фотосъёмки.

Влияние процесса локального управления экспозицией принято оценивать по коэффициенту маскирования, определяющего степень подавления в результирующем изображении низких пространственных частот.

В работе проанализированы выражения, определяющие взаимосвязь коэффициента маскирования с параметрами съёмки для аддитивных и мультипликативных ЭУЛУ, получено выражение для коэффициента маскирования для смешанных ЭУЛУ. Показана целесообразность использования смешанного способа управления экспозицией, при котором требуемый коэффициент маскирования достигается путём выбора контраста изображения маски и интенсивности равномерной засветки. Для оптимизации параметров фильтра требуется априорный анализ сцены съёмки с целью определения интервала яркостей.

УДК 535.6

*Явдоцак О. М., Грицаева Д. М., студенти,
Кондратенко Д. Ю., асистент*

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОРОВОГО СПРИЙНЯТТЯ ОКА ЛЮДИНИ

Оптичні ілюзії – помилки в зоровому сприйнятті, викликані неточністю або неадекватністю процесів неусвідомлюваної корекції зорового образу (місячна ілюзія, невірна оцінка довжини відрізків, величини кутів або кольору зображеного об'єкта, ілюзії руху, «ілюзія відсутності об'єкта», і ін.), а також фізичними причинами («сплюснений Місяць», «зламана ложка» у склянці з водою). Причини оптичних ілюзій досліджують як при розгляді фізіології зору, так й у рамках вивчення психології зорового сприйняття.

Існує велика кількість оптичних ілюзій, які можуть бути розподілені по наступним видам: ілюзії сприйняття кольору, сприйняття глибини, сприйняття розміру, рухомі ілюзії, перевертиші, стерео-ілюзії і т.і. Дослідженнями даного феномену займається широкий спектр спеціалістів – медики, психологи і навіть оптики, а також велика кількість аматорів по всьому світу. Ілюзії використовуються в медицині, психології та рекламі.

У даній роботі проводиться дослідження зорового сприйняття людини. Зображення, що реєструється сітківкою ока, обробляється в тильній частині корі головного мозку. Ці два органи створюють досить цікаві й незбагненні по цю годину ефекти - як те поява кольору на чорно-білому диску (диск Бенхама), чи ілюзія збільшення об'єктів (і т.і.).

У ході презентації будуть проведені наочні експерименти з глядачами.

Ключові слова: ілюзія, око, мозок, Бенхам, колір, модуляція.

УДК 535.3/4

*Зозуля І.Л., Ліпін О. І., Нікітін О. О., студенти, Кондратенко Д. Ю., асистент
Національний технічний університет України*

«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЛАЗЕРНИХ ШОУ

Якщо наших предків заворожувала краса вогненного дійства – феєрверка, то нам, що живуть в 21 столітті, випала можливість насолодитися лазерним шоу – вогненною забавою Нової Ери.

Лазерне шоу – театральна постановка, коли світло й музика зливаються в гармонії одного ритму. Об'ємне і яскраве світіння в нічному небі інтригує й заворожує навіть самих спокушених глядачів. Чіткі й витончені лінії лазерних променів переплітаються у виразні й барвисті образи й картини на будь-якій поверхні: на снігу, на хмарах, на димі й, нарешті, на спеціально розроблені для цих цілей матеріалах.

В даному дослідженні приводиться узагальнена схема системи для створення лазерних шоу. Приведені приклади проведених вистав.

Також, розглянуто схеми пристроїв для створення лазерних шоу (блок відхилення лазерного променя), проведений їхній аналіз та розроблена класифікація. Висновки даного дослідження дозволяють обрати найбільш вдалу схему майбутнього приладу для створення лазерних ефектів.

Ключові слова: лазер, лазерні ефекти, сканер.

УДК 528.7, 629.78

П.Н. Цушко, студент; С.Т. Коваль, к.т.н., доцент

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЕМНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ НА БАЗЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

В последнее время в связи с развитием цифровой компьютерной техники возникла необходимость повысить уровень технического оснащения учебных лабораторий, предназначенных для измерений характеристик и параметров оптических приемников излучения (ПИ).

Одной из проблем при исследовании ПИ является отсутствие комплексных автоматизированных средств измерения в современных лабораториях учебных заведений Украины. Ввиду того, что приемники излучения обладают целым рядом параметров и характеристик, для определения которых требуется наличие различного рода схемотехнических решений, целесообразно объединить их в одной универсальной установке.

В отличие от средств, использующих аналоговые принципы измерения, цифровые методы на базе вычислительной техники позволяют повысить точность получения данных, предоставляя их в удобной для дальнейшей

обработки цифровой форме, увеличить оперативность их определения, а также существенно сократить габариты измерительной аппаратуры.

В данной работе рассматриваются основные параметры и характеристики одноэлементных приемников излучения, а также существующие методы их определения. Проводится сравнительный анализ основных схем и установок, реализующих данные методы и на основании этого предлагается схема лабораторного стенда на базе персонального компьютера (ПК) или ноутбука, которая является основой для создания универсальной автоматизированной установки - виртуальной лаборатории.

Работа будет интересна и полезна специалистам, которые занимаются проектированием и разработкой лабораторного измерительного оборудования.

Ключевые слова: параметры и характеристики приемников излучения, комплексность и автоматизация методов измерения, виртуальная лаборатория на базе ПК.

УДК 535.4

*А. С. Новацький, аспірант, В.Г. Колобродов, д.т.н., професор
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна.*

ГІБРИДНА ІНТРАОКУЛЯРНА ЛІНЗА

Створення інтраокулярних лінз (ІОЛ), які б дозволяли бачити пацієнту однаково добре як близькі, так і віддалені предмети без додаткової корекції, являється однією з головних цілей сьогодні усіх передових виробників штучних кришталіків ока. У випадку природнього кришталіка дана задача вирішена за рахунок його здібності змінювати кривизну своїх оптичних поверхонь. Для рішення поставленої задачі переважна більшість виробників пропонують псевдо-акомодаційні лінзи, які мають два або більше фокусів. Можливі реалізації мультифокальних ІОЛ:

1. Діленням однієї з оптичних поверхонь на зони, які відрізняються кривизною поверхні.
2. Діленням лінзи на зони, які відрізняються кривизною поверхні.
3. Формуванням на одній з оптичних поверхонь лінзи додатково дифракційну лінзу (гібридна ІОЛ).

Головною перевагою гібридної ІОЛ над іншими типами ІОЛ є незалежність розподілення енергії між фокусами від діаметру зіниці ока. В залежності від профілю кільцевих канавок і їх глибини такі ІОЛ мають один, два або три фокуси. Гібридні ІОЛ виконуються з трикутним або прямокутним дифракційним рельєфом, які можуть забезпечити максимум два та три фокуси відповідно. У випадку трикутного профілю амплітуда кожного з двох дифракційних максимумів близька до свого теоретичної границі, а у випадку прямокутного амплітуда максимумів на 30-40% менше. Для технічних застосувань ця різниця може бути критичною. Але завдяки адаптивним можливостям сітківки ока таку зміну інтенсивності можливо

скомпенсувати. Разом з тим нічим неможливо скомпенсувати втрату третього фокусу. Наявність трьох фокусів дає можливість чітко бачити на близькій, на далекій та на проміжній відстані.

Ціллю доповіді є огляд основних характеристик гібридної інтраокулярної лінзи та порівняльний аналіз з іншими видами псевдо-акомодаційних лінз.

Ключові слова: псевдо-акомодаційних лінзи, гібридна інтраокулярна лінза, характеристики, дифракційний рельєф.

УДК 629.785

В.О. Марченко, студент, В.Г. Колобродов, д.т.н., професор

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ СИСТЕМ ДЗЗ МЕТОДОМ СУБПІКСЕЛЬНОГО ЗМІЩЕННЯ

Актуальною задачею при розробці космічних інформаційних іконічних оптико-електронних систем (ОЕС) є забезпечення високої просторової роздільної здатності, так як високоякісні зображення поверхні Землі відіграють важливу роль під час досліджень у різних галузях науки і промисловості.

Просторова роздільна здатність зображень дистанційного зондування Землі визначається рядом параметрів і характеристик ОЕС, зокрема параметрами електронного тракту. В докладі запропоновано метод, який є ефективним з точки зору підвищення просторової роздільної здатності космічних цифрових ОЕС і полягає у субпіксельному зміщенні лінійних приймачів випромінювання (ПВ) уздовж напрямку сканування. У ПВ іконічних ОЕС період розміщення чутливих елементів визначає частоту дискретизації зображення. Ефективність запропонованого методу описується теоремою Котельникова-Шенона, яка дозволяє проводити дискретизацію без втрат інформації. Збільшення частоти дискретизації методом субпіксельного зміщення забезпечує можливість підвищення частоти Найквіста та відношення сигнал/шум. Завдяки розширенню можливості передачі частот, ОЕС зі зміщеними ПВ дозволяють відтворювати навіть високі частоти зображення досить точно, а поновлене зображення не спотворюється низькочастотними складовими, що виникають за рахунок складання спектрів. Максимальне значення результуючої просторової частоти оцінюється загальною модуляційною передавальною функцією (МПФ) системи, яка представляє собою добуток МПФ оптичної системи, яка будує зображення, та МПФ приймача випромінювання.

При застосуванні методу субпіксельного зміщення, суттєвий вплив на якість зображення має рух платформи та кут спостереження. В докладі розглянуто спосіб інтерполяції зображення, отриманого під кутом до земної поверхні та наведені результати оцінки якості зображення після інтерполяції.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, просторова роздільна здатність, лінійний приймач випромінювання, частота Найквіста.

УДК 535.4

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

ПРОЕКТУВАННЯ МУЛЬТИФОКАЛЬНИХ ЛІНЗ ДЛЯ ШТУЧНИХ КРИШТАЛИКІВ ОКА

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я катаракта (помутніння кришталіка) є найбільш поширеним захворюванням очей. Близько 8% всього населення планети в тому або іншому ступені схильне до цього захворювання, приблизно половина людей у віці від 65 до 74 років мають схильність до медичного втручання. Хірургічне лікування катаракти здійснюється шляхом видалення помутнілого кришталіка і імплантацією на його місце штучного кришталіка.

У штучних кришталіках мультифокальність досягається різними способами. Один з сучасних способів – це лінзи Френеля, або так звані дифракційні лінзи, які дозволяють отримати декілька зображень на сітківці ока як від ближніх, так і від дальніх предметів.

По суті лінза являє собою плосковипуклу або двоопуклу рефракційну лінзу, на одну з поверхонь якої нанесена дифракційна мікроструктура у вигляді зон Френеля – центральної дифракційної зони у формі круга і кільцевих зон, розташованих навколо центральної. Зовнішні радіуси згаданих зон r_k пропорційні кореням квадратним з цілих чисел:

$$r_k = \sqrt{2f'k\lambda}$$

де k – номер дифракційної зони, r_k – відстань дифракційної зони від центру лінзи (зовнішній радіус зони), f' – фокусна відстань, λ – конструктивна довжина хвилі.

Радіуси канавок повинні співпадати з радіусами кілець зон Френеля, якщо профіль канавок прямокутний, або з радіусами зон Френеля через одну, якщо використовуються канавки з трикутним профілем. Але ця умова справедлива тільки для досить малого діаметру зіниці – не більш приблизно 3 мм. При збільшенні діаметру зіниці більше за цю величину починає позначатися сферична аберация, що повинно бути враховане при розрахунку діаметрів кільцевих канавок. Наявність кільцевих канавок призводить до появи одного або двох дифракційних максимумів, що дозволяють формувати на сітківці додаткове зображення.

УДК 621.384.3

*Ван Сяо, студент, Колобродов В.Г., професор, д.т.н., заведуючий кафедри
Національний технічний університет України
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА КРУГОВОГО ОБЗОРА

Оптико-электронная система кругового обзора (ОЭСКО) предназначена для панорамного обзора, поиска, обнаружения и распознавания объектов, представляющих потенциальную угрозу. Такими объектами могут быть воздушные, наземные и надводные цели. Система работает в видимом и

инфракрасном диапазоне спектра и обеспечивает круговое сканирование в пределах 360°. ОЭСКО состоит из оптико-электронного модуля, канала передачи данных, блока цифровой обработки изображения, массива дисплеев для отображения полной панорамы или её части. Рассмотрено принцип работы системы.

Для определения эффективности ОЭСКО предложено использовать следующие характеристики системы: поле зрения, частоту кругового обзора, формат изображения, пространственную и энергетическую разрешающую способность, максимальную дальность обнаружения и распознавания.

Для определения этих характеристик нами была разработана математическая модель ОЭСКО, которая учитывает объект наблюдения и фон, атмосферу, оптическую систему, приемник излучения, электронный блок обработки видеосигнала, дисплей и наблюдателя. Выполнено моделирование отдельных элементов системы. Рассматривается два варианта работы системы: система ограниченная шумом и контрастно ограниченная система.

На основании математической модели получены формулы и уравнения для расчета основных характеристик системы. Разработана методика синтеза системы, позволяющая определить необходимые параметры оптической системы (фокусное расстояние, диаметр входного зрачка, поле зрения) и линейного матричного приемника излучения (размер пикселя, количество пикселей в линейке, удельная обнаружительная способность), которые обеспечивают заданную дальность обнаружения тест-объекта.

Ключевые слова: система обнаружения, математическая модель, дальность обнаружения.

УДК 535.3 (681.784)

*А.В. Булавин, ассист., В.Г. Колобродов, д.т.н., проф., зав. каф. ООЭП
Национальный Технический Университет Украины «Киевский политехнический
институт», Киев, Украина*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НУЛЕЙ СПЕКТРА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВИБРАЦИЙ

Одним из основных факторов, которые ухудшают работоспособность оптико-электронных систем (ОЭС), являются гармонические вибрации. Гармонические вибрации, в общем случае, вызывают перемещение изображения на приемном элементе. Источниками таких искажений могут быть различные работающие механические устройства, относительное движение между объектом и системой. Величина смазывания изображения зависит от многих факторов, главными из которых принято считать частоту и амплитуду вибраций. Как известно, гармонические вибрации могут быть двух типов – низкочастотные и высокочастотные. Низкочастотными считаются вибрации, период колебания которых больше времени экспонирования, а для высокочастотных – наоборот. К методам оценки и компенсации гармонических вибраций выдвигается требование возможности выявления и количественной оценки обеих типов, достаточное быстродействие для обработки изображения в

реальном масштабе времени. Выполнение обеих требований вызывает существенные трудности, особенно для изображений большого размера.

Был рассмотрен алгоритм оценки и компенсации гармонических вибраций, основанный на методе нулей спектра искаженного изображения. Основная идея метода заключается в том, что спектр искаженного изображения имеет нули, положение которых дает возможность рассчитать функцию смаза. Алгоритм содержит следующие основные этапы: нахождение спектра искаженного изображения, выделение характерной картины, нахождение положения нулей спектра, расчет функции смазывания и фильтрация изображения.

Основными преимуществами алгоритма является его полная автоматизация и отсутствие необходимости в априорной информации об условиях регистрации изображения и параметрах ОЭС. К недостаткам можно отнести длительное время выполнения, не позволяющее производить обработку в реальном масштабе времени. Нами были найдены пути применения метода нулей спектра для оценки и восстановления изображения, искаженного гармоническими вибрациями. Выявлено ряд трудностей и ограничений в применении данного метода при наличии указанных вибраций.

Ключевые слова: оптико-электронная система, восстановление изображения, гармонические вибрации.

УДК(535.361.21)

Коваль С.Т., Чумак А.П., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический университет», г. Киев, Украина.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ δ -ОБРАЗОВАННОГО ПОЛЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ЗАКОНАМИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ.

Актуальной прикладной проблемой преобразования случайных полей оптическими системами специалисты занимаются уже более полувека, но, несмотря на это, полученные результаты не в полной мере отвечают требованиям практики. Известные физико-математические модели получены для некоторых частных случаев. При этом теория, использованная для их создания, являясь громоздкой, не была, насколько известно, обобщена и распространена на другие типы случайных полей.

В данной работе предлагается универсальный метод получения случайных полей, путем преобразования случайного δ -образованного поля с различными законами распределения, на основе использования теории линейных систем. Такие поля могут быть яркостными, транспарантными или рефлекторными. К их числу можно отнести наблюдаемые в поле зрения микроскопа фотоэмульсии, полированные поверхности металлов, биологические микрообъекты; видимые сверху солнечные блики морщинистой поверхности воды, спекл-структура лазерного пятна и т. д.

Суть метода состоит в том, что, взяв в качестве исходного поле из случайно расположенных δ -функций, можно сформировать на выходе

линейного пространственного фильтра такое случайное поле, в котором каждая δ -функция будет превращена в элемент требуемой формы в зависимости от выбранной функции рассеяния точки линейного фильтра.

Достоинством предлагаемого метода является:

- простота и универсальность, как формирования, так и описания случайного поля в пространственных или частотных координатах;
- возможность получения и описания сложных полей, образованных совокупностями элементов разных форм и свойств;
- распространение идей и теории на случайные поля, образованные композициями пятен сложной формы.

Для сопоставительного анализа в работе приведены результаты применений предложенной методики к некоторым типам полей, рассмотренных ранее другими авторами. Полученные результаты согласуются с известными, однако, получены затратой меньших усилий.

Ключевые слова: оптические случайные поля, фоны, помехи, линейные системы.

УДК 681.7.013.8

*Вдовиченко С.В., магістр, Кучеренко О.К., доцент
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”*

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ СТЕНДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ ІНФРАЧЕРВОНИХ ОБ’ЄКТИВІВ

Найбільш повно оптична система будь-якого спектрального діапазону характеризується оптичною передавальною функцією (ОПФ), а саме її модулем функцією передачі модуляції (ФПМ), що характеризує здатність оптичної системи передавати різноманітні просторові частоти з необхідним контрастом, а також функцією передачі фази (ФПФ), що характеризує фазові зсуви гармонік в площині зображення по відношенню до цих гармонік в площині предметів.

Стенова апаратура, яка призначена для вимірювання ОПФ повинна відповідати вимогам інформативності контролю, мати мінімальні похибки вимірювань та одержувати результати вимірювань в реальному масштабі часу. Сучасні стенди для подібних вимірювань будуються по схемі з використанням неперіодичного тест-об’єкту у вигляді точкової або щілинної діафрагми. Крім того в склад стенду входять джерело випромінювання, конденсорна система, набір спектральних та нейтральних світлофільтрів, коліматорний об’єктив та фотоприймальний пристрій. В якості приймача випромінювання найбільш ефективно може бути використана мікроболометрична матриця. Для створення стенду мають бути раціонально

визначені їх конструктивні параметри, у відповідності до габаритних, абераційних і енергетичних розрахунків.

Для проведення досліджень було взято декілька варіантів побудови стендів з урахуванням характеристик об'єктивів, що потрібно було дослідити. При проведенні досліджень змінними параметрами були:

- конструктивні параметри об'єктивів, що підлягають випробуванню;
- параметри тест- об'єктів і типи світлофільтрів;
- фокусні відстані коліматорного об'єктиву;
- параметри фотоприймального пристрою .

На основі проведених досліджень були визначені співвідношення сигнал/шум для прийнятих варіантів, а також порогові значення потоків випромінювання при використанні у якості джерела випромінювання глобара Perkin Elmer. Були надані також рекомендації щодо визначення раціональних конструктивних параметрів стенду для цих варіантів.

Ключові слова: інфрачервоний об'єктив, оптична передавальна функція, стендова апаратура, мікроболометрична матриця.

УДК 681.7:681.4.075

Куцурук В.Н., Муравьев А.В. ,студент, Кучеренко О.К., доцент.

Национальный технический университет Украины

«Киевский Политехнический Институт»

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФОКУСИРУЮЩИХ УЗЛОВ

Фокусирующие узлы являются основными элементами оптических приборов. Они определяют положение плоскости изображения, с которым должны совпадать сетки, шкалы, чувствительные элементы фотоприемников. При проектировании оптических приборов положение плоскости изображения определяется расчетным путем. Расчетными параметрами являются конструктивные параметры фокусирующих узлов: показатели преломления стекол, радиусы кривизны линз и зеркал, толщины элементов фокусирующих узлов, расстояния между элементами. Численные значения этих параметров зависят от температуры. Базовые размеры механических элементов крепления оптических деталей также претерпевают отклонения при колебаниях температуры. Если оптический прибор работает в условиях значительного изменения температуры, отклонения конструктивных параметров от расчетного значения оказывают влияние на качество его работы. Поддержание работоспособности оптического прибора в этом случае может быть достигнуто подбором материалов фокусирующих узлов, применением термокомпенсаторов, разработкой устройств стабилизации температуры.

В докладе приводятся аналитические соотношения, характеризующие зависимость конструктивных параметров фокусирующих узлов от температуры, оценивается влияние размерных цепей на взаимное положение элементов фокусирующих узлов. Анализ проводится для материалов,

применяемых в оптических приборах, которые работают в видимой, ближней и средней инфракрасных областях спектра.

С помощью программ ZEMAX и Solid Works производится оценка влияния температуры на изменение фокусного расстояния типичной оптической схемы фокусирующего узла, а также на изменение номинальных размеров базирующих механических деталей, приводящего к взаимному сдвигу плоскости изображения и фотоприемного устройства.

Авторами предлагаются конструктивные решения, позволяющие сохранить работоспособность оптического прибора в условиях значительного изменения температуры при их эксплуатации.

Ключевые слова: фокусирующий узел, температурная зависимость конструктивных параметров, термокомпенсация.

УДК 535.3

Протасова О., студентка, Боровицький В. М., доцент, к.т.н.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ВИМІРЮВАННЯ ФУНКЦІЇ ПЕРЕДАЧІ МОДУЛЯЦІЇ МІКРООБ'ЄКТИВІВ

Питання якості зображення оптичних систем є дуже актуальним і відіграє важливу роль у всіх випробовуваннях оптичних та оптоелектронних систем. Якість отриманого зображення оцінюється за багатьма характеристиками, найважливішою з яких є оптична передатна функція (ОПФ), тобто функція передачі модуляції (ФПМ) та функція передачі фази (ФПФ). Вони дають найбільше інформації про якість оптичного виробу та є незалежними від зорових особливостей вимірювача.

Вимірювання передатних функцій оптичних систем є необхідними, як при розробці нових оптичних систем так і для інженерно-технічних та наукових робіт, що пов'язані з випробуванням оптичних приладів та їх вузлів, а також при спеціальній роботі з телевізійними приладами, електрооптичними перетворювачами, інфрачервоною технікою і т. п.

В роботі розглянуто експериментальні установки та методики вимірювання функції передачі модуляції. Розроблено методику для вимірювання функції передачі модуляції мікрооб'єктивів.

Ключові слова: функція передачі модуляції, оптичні вимірювання, частотно-контрастна характеристика